

***Experimentelle Untersuchungen
methodischer Alternativen im Schnell-
krafttraining mit VolleyballspielerInnen
(erste Bundesliga)***

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

doctor philosophiae (Dr. phil.)

vorgelegt dem Rat der Fakultät für Sozial- und Verhaltenswissenschaften

der Friedrich-Schiller-Universität Jena

von Dipl.-Sportw. Mathias Völzke

geboren am 02.06.1976 in Bleicherode

Gutachter

1. _____

2. _____

Tag der mündlichen Prüfung: _____

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	1
2. GRUNDLEGENDE ASPEKTE DER SCHNELLKRAFTFÄHIGKEITEN	3
2.1. SCHNELLKRAFT IM KONDITIONELLEN LEISTUNGSSYSTEM	3
2.2. AUSGEWÄHLTE BEANSPRUCHUNGSREAKTIONEN NACH SCHNELLKRAFTBELASTUNGEN	7
2.2.1. POSTAKTIVE POTENZIERUNG	10
2.2.2. ERMÜDUNGSPROZESSE	18
2.3. TRAININGSMETHODIK IM SCHNELLKRAFTTRAINING	23
2.3.1. AUSGEWÄHLTE EINZELMETHODEN ZUR STEIGERUNG VON SCHNELLKRAFTLEISTUNGEN DER UNTEREN EXTREMITÄTEN	23
2.3.2. METHODENKOMBINATIONEN	36
2.3.3. TRAININGSTUDIEN ZUM WIRKUNGSVERGLEICH VON EINZEL- UND KOMBINATIONSMETHODEN IM SCHNELLKRAFTTRAINING	38
2.3.4. KOMPLEXTRAINING	40
2.3.5. PAUSENZEIT ZWISCHEN BELASTUNGSREIZEN IM KOMPLEXTRAINING	42
2.3.6. ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 2	46
3. STUDIE 1 - BEANSPRUCHUNGSREAKTIONEN BEIM COUNTER- MOVEMENT-JUMP NACH DYNAMISCHER VORBELASTUNG UND VERSCHIEDENEN PAUSENZEITEN	46
3.1. SPEZIFISCHE PROBLEMSTELLUNG	46
3.2. ZIELE UND HYPOTHESEN	48
3.3. METHODEN UND MATERIALIEN	52
3.3.1. PROBANDEN	52
3.3.2. PLANUNG UND DURCHFÜHRUNG DER STUDIE	53
3.3.3. DATENAUFNAHME	55
3.3.4. DATENVERARBEITUNG	56
3.3.5. DATENAUSWERTUNG	57
3.4. ERGEBNISSE DER PAUSENZEITSTUDIE	58
3.4.1. PARAMETER: SPRUNGHÖHE	58
3.4.2. PARAMETER: MITTLERE GESCHWINDIGKEIT IN DER ERSTEN KONZENTRISCHEN PHASE	60
3.4.3. PARAMETER: MITTLERE KRAFT IN DER ZWEITEN EXZENTRISCHEN PHASE	62
3.4.4. PARAMETER: MAXIMALER IMPULS	64

3.4.5. PARAMETER: MAXIMALE LEISTUNG	66
3.4.6. PARAMETER: MITTLERES IEMG DES M. VASTUS LATERALIS.....	68
3.4.7. PARAMETER: MAXIMALE EMG-AMPLITUDE DES M. SOLEUS.....	69
3.4.8. PARAMETER: PROZENTUALER ANTEIL DES M. RECTUS FEMORIS AN DER GESAMTAKTIVITÄT DES M. QUADRICEPS FEMORIS	70
3.4.9. PARAMETER: ZEIT BIS ZUR MAXIMALEN AKTIVITÄT DES M. BICEPS FEMORIS.....	71
3.5. DISKUSSION DER ERGEBNISSE	73
3.6. METHODENKRITIK.....	94
3.7. TRAININGSWISSENSCHAFTLICHE FOLGERUNGEN UND AUSBLICK.....	95
4. STUDIE 2 – TRAININGSSTUDIE ZUM VERGLEICH DER METHODENKOMBINATIONEN KRAFT- UND PLYOMETRIETRAINING SOWIE EMS- UND PLYOMETRIETRAINING	97
4.1. SPEZIFISCHE PROBLEMSTELLUNG	97
4.2. ZIELE UND HYPOTHESEN.....	98
4.3. METHODEN UND MATERIALIEN	100
4.3.1. PROBANDEN	100
4.3.2. PLANUNG UND DURCHFÜHRUNG DER STUDIE.....	102
4.3.3. DATENAUFNAHME (PRE- UND POSTTESTS)	107
4.3.4. DATENVERARBEITUNG	110
4.3.5. DATENAUSWERTUNG	110
4.4. ERGEBNISSE	111
4.4.1. DYNAMISCHE SPRUNGKRAFTTESTS.....	112
4.4.2. STATISCHE KRAFTDIAGNOSTIK.....	115
4.4.3. SPRINTTEST	116
4.5. DISKUSSION DER ERGEBNISSE	117
4.6. METHODENKRITIK.....	147
4.7. TRAININGSWISSENSCHAFTLICHE FOLGERUNGEN UND AUSBLICK.....	148
5. ZUSAMMENFASSUNG	153
6. LITERATURVERZEICHNIS	155
7. ANHANG.....	175
7.1. TABELLENVERZEICHNIS	175
7.2. ABBILDUNGSVERZEICHNIS	185
7.3. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	187
7.4. STATISTIK STUDIE 1	194
7.5. STATISTIK STUDIE 2	276
DANKSAGUNG	285
LEBENS LAUF	286
EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG	287

1. Einleitung

Die differenzierte Analyse der Leistungsstruktur von Sportarten ermöglicht die Weiterentwicklung des Trainings- und Wettkampfsystems (Thorhauer, 1981). Zu den bedeutsamen Leistungsfaktoren gehören unter anderem die konditionellen Fähigkeiten. Der Ausprägungsgrad der individuellen Schnellkraftfähigkeiten ist in vielen Disziplinen ein leistungsbestimmender Faktor. Ein hohes Potential von Start-, Explosiv- und Reaktivkraftfähigkeit äußert sich in optimalen bzw. maximalen Sprintzeiten sowie Sprung- oder Wurfweiten (Güllich & Schmidtbleicher, 1996). Im Leistungssport Volleyball zeigt sich die Bedeutung beispielsweise anhand der Anzahl und Höhe von Sprüngen. Diese resultieren in maximalen Abschlagshöhen des Balles im Angriff und einer hohen Effektivität in Wettkämpfen. Laut aktueller Wettspielanalysen führt ein Angriffsspieler auf internationalem Niveau ca. 50 Sprünge in einem Spiel aus, die in ca. 30 direkten Punkten münden können. Weiterhin werden Abschlagshöhen leistungsstarker Angriffsspieler von ca. 3,75 m im männlichen und ca. 3,25 m im weiblichen Bereich registriert, die auf Sprunghöhen von über 1,0 m beruhen.

Entscheidet man sich in Bezug auf die Zielstellung einer Optimierung der Schnellkraftfähigkeiten für einen leistungssportförderlichen und dopingfreien Weg, werden Untersuchungen notwendig, die Belastungs- und Trainingsstrategien überprüfen bzw. weiterentwickeln. Die Optimierung des Schnellkrafttrainings durch wissenschaftlichen Informationsgewinn kann durch verschiedene Herangehensweisen erreicht werden. In der vorliegenden Arbeit werden zwei Studien vorgestellt, die zugleich zwei ausgewählte Optimierungswege aufzeigen. Einerseits werden akute Belastungsreaktionen nach einem definierten Trainingsreiz betrachtet und andererseits werden Trainingswirkungen in Folge zweier innovativer, mehrwöchiger Trainingsprogramme verglichen (Querschnitt- und Längsschnittbetrachtung).

Zu den vorrangigen Aufgaben der Trainingswissenschaft gehört die optimale Gestaltung wirksamer Trainingsreize und Regenerationsphasen durch die Organisation entsprechender Belastungs- und Erholungsfaktoren (Büch, 2001). Als akute Belastungsreaktionen wirken leistungshemmende und –fördernde Prozesse (Ermüdung vs. postaktive Potenzierung) simultan und verursachen eine Komplexität, die in der zeitlichen Dimension der Nachbelastungsphase genauere Betrachtungen erfordern (Rassier & MacIntosh, 2000). Daraus ergibt sich für diese Arbeit die erste übergeordnete Fragestellung:

Gibt es nach einer bestimmten Vorbelastung (Trainingsübung) kurzfristige Steigerungen der Schnellkraftleistung und wenn ja, zu welchem Zeitpunkt treten diese auf? Die erste Studie wurde demzufolge mit dem Ziel durchgeführt, die optimale Pausenzeit zwischen einer Vorbelastung und einer möglichen Leistungssteigerung im vertikalen Sprung (Nachbelastung) zu finden.

Bezogen auf ein Kraft- bzw. Schnellkrafttraining ermöglichen neue Forschungsergebnisse die Weiterentwicklung effektiver Trainingsprozesse (Schmidtbleicher & Frick, 2001). Aus der Notwendigkeit heraus effiziente und ökonomische Trainingsme-

thoden im periodisierten Leistungssport einzusetzen, resultieren kombinierte Trainingsansätze in positiven Trainingswirkungen, gerade während komplexer Bewegungsanforderungen (Kraemer & Newton, 1994).

Demzufolge wird die zweite übergeordnete Fragestellung für diese Arbeit wie folgt formuliert:

Treten Schnellkraftsteigerungen im Vergleich zweier kombinierter Trainingsmethoden auf? Falls ja, welche Methodenkombination erreicht höhere Steigerungen in verschiedenen Schnellkraftparametern? In der zweiten Untersuchung finden die Ergebnisse der ersten Studie in einem mehrwöchigen Trainingsexperiment Anwendung, indem zwei kombinierte Trainingsmethoden bezüglich verursachter Leistungssteigerungen bei Leistungssportlern miteinander verglichen werden.

Im ersten Teil dieser Arbeit werden grundlegende Aspekte der Schnellkraftfähigkeiten und deren Beeinflussung theoretisch erörtert. In diesem Zusammenhang wird zunächst das theoretische Konstrukt „Schnellkraft“ analysiert, bevor ausgewählte Beanspruchungsreaktionen (Ermüdung, postaktive Potenzierung) betrachtet werden. Danach erfolgt die Darstellung der Trainingsmethodik zur Verbesserung von Schnellkraftfähigkeiten anhand auserlesener Einzel- und Methodenkombinationen und somit eine weitere Eingrenzung der Thematik. Zudem wird die Problematik der Analyse einer optimalen Pausenzeit in kombinierten Trainingsmethoden verdeutlicht. Anschließend werden die zwei durchgeführten Studien vorgestellt, die Antworten auf die benannten Fragestellungen geben sollen. Diesbezüglich werden verwendete Methoden und Materialien beschrieben, Ergebnisse dargestellt und diskutiert sowie trainingswissenschaftliche Ableitungen formuliert.

2. Grundlegende Aspekte der Schnellkraftfähigkeiten

2.1. Schnellkraft im konditionellen Leistungssystem

Neben der Maximalkraft und der Kraftausdauer ist die **Schnellkraft** eine der grundlegenden Kraftfähigkeiten (Bührlé, 1985). „Mit Schnellkraft wird die Fähigkeit des neuromuskulären Systems bezeichnet, einen möglichst großen Impuls in der zur Verfügung stehenden Zeit zu produzieren.“ (Schmidtbleicher, 1984, S. 1787). Abbildung 1 veranschaulicht das Schnellkraftverhalten in der Darstellung einer isometrisch diagnostizierten Kraft-Zeit-Kurve. In Abgrenzung zu anderen motorischen Fähigkeiten (z. B. Schnelligkeit) werden Leistungen ab ca. 30 % des möglichen Maximalkräfteinsatzes als Kraftleistungen deklariert (Hettinger, 1964). Zum Fähigkeitsbegriff bemerkt Witt (1995, S. 20) jedoch kritisch, dass „[...] es für die Definition von Fähigkeiten kein physiologisches Pendant gibt.“ Da die Bewegungsgeschwindigkeit das Resultat von Beschleunigungsimpulsen ist, werden Schnellkraftleistungen hauptsächlich vom Kraftanstieg, der Höhe des erreichten Kraftmaximums und der zur Verfügung stehenden Zeit bestimmt und sind deshalb zumindest biomechanisch erfassbar (Güllich & Schmidtbleicher, 1996; vgl. Abb. 1). Im englischsprachigen Raum wird bezüglich des Kraftanstieges die Kraftentwicklungsrate (engl.: rate of force development bzw. RFD) betrachtet, wobei diesbezüglich muskel- und sportartspezifische Anforderungen bzw. Einflussfaktoren zu berücksichtigen sind (Hollmann & Hettinger, 2000).

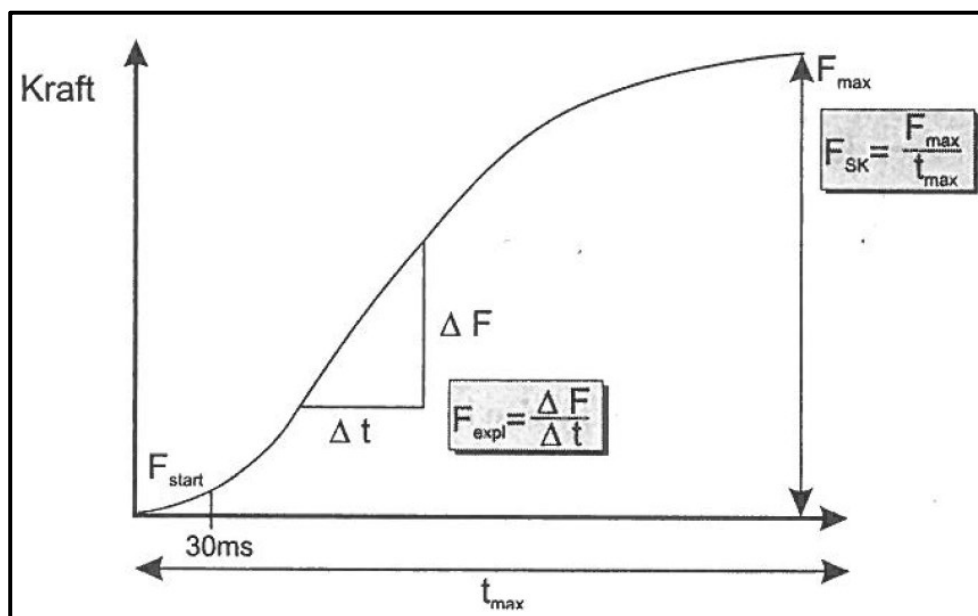


Abb. 1: Veranschaulichung der Schnellkraftfähigkeiten anhand einer Kraft-Zeit-Kurve (Hohmann, Lames & Letzelter, 2003 S. 80; vgl. Bührlé, 1985, S. 86)

Weitere trainingswissenschaftliche Forschungen, insbesondere Faktoren- und Korrelationsanalysen (Verchoshanskij, 1971), führten zu einer differenzierteren Betrachtung der Schnellkraft. Somit stellen die Fähigkeiten der **Start- und Explosivkraft** weitere Subkategorien der Schnellkraft dar und bezeichnen den initialen bzw. weiterführenden Kraftanstieg der Kraft-Zeit-Kurve. Je nach Autor betrifft die Messvorschrift

zur Diagnostik der Startkraft den Kraftwert 30 bis 100 ms nach Kontraktionsbeginn (bzw. 20 ms nach Erreichen der 20-Newton-Schwelle). Die Messvorschrift für die Explosivkraft ist die maximale Kraftanstiegsrate (Bührle, 1985; Hohmann et al., 2003; Letzelter & Letzelter, 1974; Schmidtleicher, 1984; Steinmann, 1988).

Die Abbildung 2 zeigt ein Strukturmodell, welches grundlegende Aspekte und Zusammenhänge der Schnellkraft verdeutlicht.

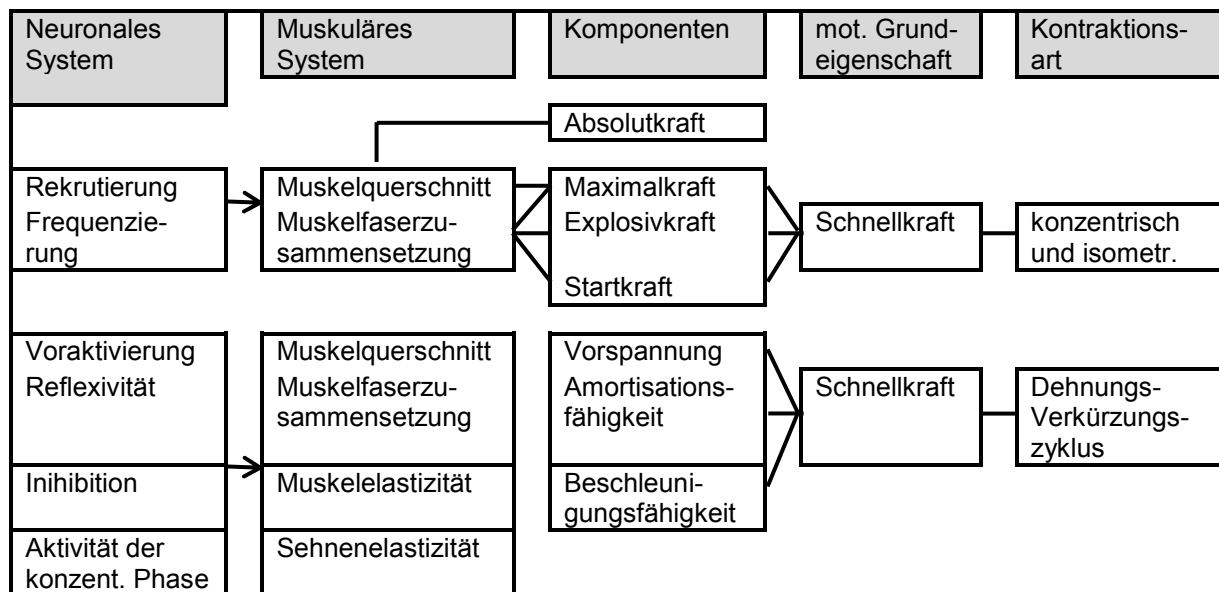


Abb. 2: Einflußgrößen und Komponenten der Schnellkraft bei konzentrischen und isometrischen Kontraktionen und der im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus produzierten Schnellkraft (Schmidtleicher, 1985, S. 1791)

In zahlreichen Individual- und Mannschaftssportarten beeinflusst die Qualität von Sprüngen mit mehr oder weniger großen Vertikalanteilen den sportlichen Erfolg. Sprünge werden einbeinig, wie beispielsweise während des leichtathletischen Weitsprungs, oder beidbeinig ausgeführt (z. B. beim Blocksprung im Volleyball). Newton und Kraemer (1994, S. 26) äußerten diesbezüglich:

„[...] the rate at which the muscles can develop force is the main determinant in vertical jump, together with the efficiency of the stretch/ shortening cycle and the degree of coordination and skill in performing the movements“.

Die **Reaktivkraft** stellt eine eigene Krafterdimension dar (Bührle, 1989; Vercho-shanskij, 1972) und beschreibt die spezifische Schnellkraft während exzentrisch-konzentrischer Bewegungen im so genannten Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (DVZ; engl.: stretch-shortening-cycle bzw. SSC). Schmidtleicher und Gollhofer (1985) definierten diesbezüglich die Fähigkeit, aus einer exzentrischen Bewegung heraus in kürzester Zeit einen möglichst hohen konzentrischen Kraftstoß zu realisieren. In der weiteren Analyse der Reaktivkraft wiesen Gissis, Grezios, Göhner, Dickhuth und Papadopoulos (2004) auf drei Teilkomponenten hin: Amortisationsfähigkeit, Beschleunigungsfähigkeit und Vorspannung. Die Amortisationsfähigkeit wird als Fähigkeit definiert, „[...] der in der exzentrischen Phase auftretenden kinetischen Energie entgegenzuwirken, ohne in den Gelenken der unteren Extremitäten zu sehr nachzugeben“ (Gissis et al., 2004, S. 44). In der Beschleunigungsphase wird die Bedeutsamkeit der

Erzeugung eines möglichst hohen konzentrischen Impulses hervorgehoben. Um hohe Impulse zu erreichen, müssen hohe Kräfte in der zur Verfügung stehenden Zeit wirken. Aufgrund der Kraft-Geschwindigkeits-Beziehung der menschlichen Muskulatur ist die Maximierung der Leistung jedoch nur mit einem optimalen Verhältnis von Kraft- und Geschwindigkeitsverhalten zu erreichen (vgl. Abb. 3, 4). Während der Vorspannungsphase werden die Muskeln vor der Landung, z. B. während Tief-Hochsprungbewegungen, innerviert und der eintretende Dehnungsreflex verstärkt (Schmidtbleicher & Gollhofer, 1982). Die Dauer und Amplitude der Vorinnervation hängt u. a. von der Niedersprunghöhe ab. Während der exzentrischen Phase des DVZ wirken zudem hemmende Reflexe (z. B. die des Golgi-Sehnenorgans) und aktivierende Reflexe der Muskelspindeln, die den Dehnungsreflex auslösen bzw. unterstützen (Luebbers et al., 2003). Abbildung 3 veranschaulicht den DVZ während eines Counter-Movement-Jumps (CMJ) mit den zeitlichen Verläufen verschiedener Parameter.

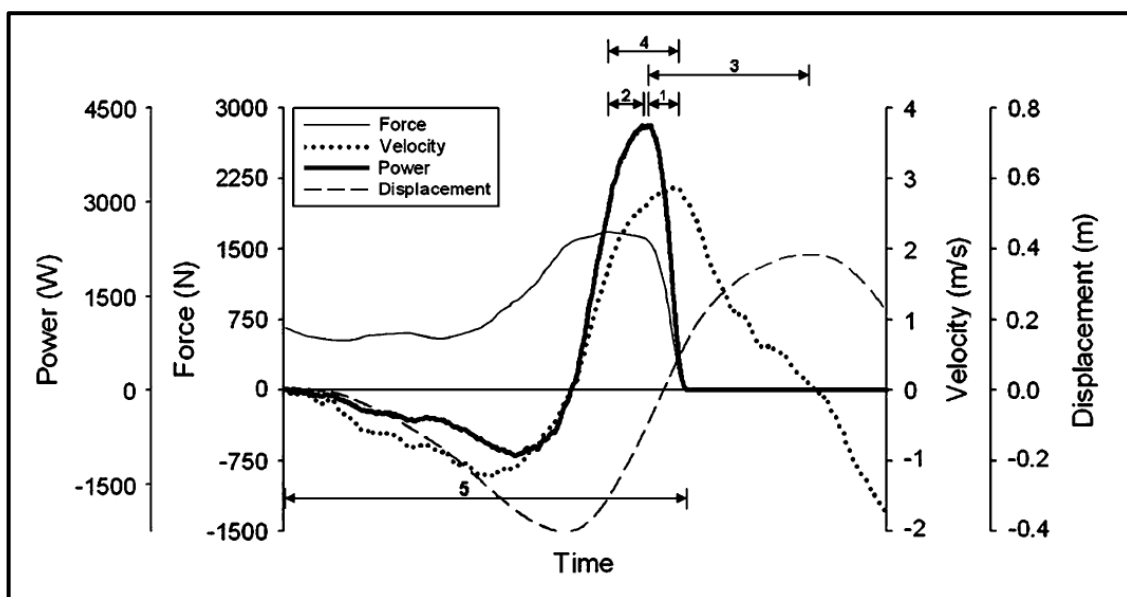


Abb. 3: Zeitliche Verläufe der Parameter Kraft, Geschwindigkeit, Leistung und Weg während eines CMJ (Cormie et al., 2009, S. 180)

In Bezug auf die Bewegungsdauer bzw. Bodenkontaktzeit werden Sprungbewegungen in kurze DVZ (< 200 ms), wie z. B. bei einem Drop Jump (DJ) und lange DVZ (> 200 ms), wie etwa bei einem CMJ eingeteilt (Steinhöfer, 2003). Sprungbewegungen mit DVZ werden im Vergleich zu rein konzentrischen Squat Jumps (SJ) dadurch verstärkt, dass es zu einer Speicherung und Freigabe der elastischen Energie in den serienelastischen Komponenten der Muskeln, Sehnen und des Bindegewebes kommt und zusätzlich Reflexmechanismen eine Erhöhung der Muskelaktivität bewirken. Dies führt zu vergrößerten Sprunghöhen. Mit zusätzlichen, schwunghaft-kooordinierten Armbewegungen ist zudem eine Steigerung der Sprunghöhe aufgrund von Impulsübertragungen zu erreichen. Während der verschiedenen vertikalen Sprungfertigkeiten (z. B. CMJ) beträgt die Aktivierung bzw. der Beitrag des m. quadriceps ca. 50 % (Bosco, Tarkka & Komi, 1982; Hubley & Wells, 1983). Des Weiteren

wird der Beitrag der Wadenmuskulatur mit ca. 22 % und der hüftstreckenden Muskulatur mit ca. 10 % angegeben (Rajic, Dopsaj & Pablos Abella, 2004).

Zu den **Einflussfaktoren** auf die Ausprägung der Schnell- und Reaktivkraftfähigkeiten gehören u. a. die Maximalkraft und der Trainingszustand der Sportler (Gissis et al., 2004; Schlumberger, 2000). Um in kurzer Zeit hohe Kräfte zu erzeugen, beeinflusst die Maximalkraftfähigkeit den Ausprägungsgrad der Schnellkraft (Kraemer & Newton, 1994; Tan, 1999). Die Maximalkraft ist der Anteil der Absolutkraft, der willkürlich aktiviert werden kann (Bührle, 1985). Maffiuletti et al. (2000) stellten diesbezüglich einen signifikanten Zusammenhang zwischen der isometrischen Maximalkraft des m. quadriceps femoris in einem Kniewinkel von 115 Grad und der Sprunghöhe im SJ fest (Hakkinen, 1991). Des Weiteren wiesen zahlreiche Studien erhöhte Sprungleistungen auf Basis einer gesteigerten isometrischen bzw. dynamischen Maximalkraft nach (z. B. Wirth, Bob, Müller & Schmidtbleicher, 2007). Die Abfluggeschwindigkeit und resultierend die Sprunghöhe im SJ werden hauptsächlich vom Kraftstoß in der konzentrischen Phase bestimmt. Allerdings wies Schmidtbleicher (1992) darauf hin, dass Leistungen im DVZ nur in geringem Maße mit der Maximalkraft korrelieren. Weitere Einflussfaktoren auf das willkürliche Schnell- und Reaktivkraftverhalten sind die elastischen Eigenschaften der Sehnen und Bänder, die Elastizität der Aktin-Myosin-Brücken, die Muskelmasse bzw. der Muskel- und Faserquerschnitt. Zusätzliche Variablen sind der Anteil von FT-Fasern und die Effektivität der willentlichen Aktivierung in der Form, dass viele motorische Einheiten so schnell wie möglich mittels hoher Impulsfrequenzen innerviert und rekrutiert werden können (Güllich & Schmidtbleicher, 1996; Hakkinen & Komi, 1986). Weiterhin wirken Prozesse, wie Stoffwechselvorgänge, intramuskuläre Agonistenkoordination, Kokontraktionen der Antagonisten und Synergistenaktivitäten leistungsbeeinflussend (Schmidtbleicher, 1992; Young, 1993).

Für die Verbesserung der Schnellkraftfähigkeiten werden **Krafttrainingsformen** mit hohen Gewichten (Maximalkrafttraining) ebenso empfohlen wie Ausführungen schnellkräftiger Bewegungen mit geringen Zusatzlasten oder Körpereigengewicht (z. B. plyometrische Übungsformen; Cormie, McBride & McCaulley, 2009; Schmidtbleicher, 1984). Dies begründet zudem den Einsatz von Methodenkombinationen, die in effektiver Weise verschiedene Kraftdimensionen in einer Trainingseinheit ansteuern (Fleck & Kraemer, 1997). In Kapitel 2.3. folgen diesbezüglich weitere Ausführungen. Trainingsbedingte Veränderungen des Schnellkraftverhaltens werden u. a. durch eine weitere Betrachtungsform diagnostiziert bzw. veranschaulicht (vgl. Abb. 4). Diese geht zurück auf den von Hill (1938) beschriebenen Zusammenhang zwischen Kraft- und Geschwindigkeitsverhalten der menschlichen Muskulatur.

Neben den verschiedenen Trainingsmethoden, die die Schnellkraftfähigkeiten mittel- und langfristig steigern, ist die Betrachtung der akuten Belastungsprozesse im Schnellkrafttraining von Bedeutung, um Optimierungen der Trainingsmethoden zu erreichen. Für kurzfristige Veränderungen des Schnellkraftverhaltens mit einer Belastungsdauer bis ca. 30 s werden i. d. R. zentralnervöse bzw. neuronale Faktoren verantwortlich gemacht (Güllich & Schmidtbleicher, 1996). Dauern Belastungen länger an, gewinnt der Einfluss metabolischer Veränderungen, wie beispielsweise die Sub-

stratausschöpfung an Bedeutung (Saltin, 1981). Somit wirken akute Ermüdungs- und Aktivierungsprozesse auf die Trainingsleistung und bestimmen den Trainingsreiz und in dessen Folge trainingsbedingte Adaptationen. Im Folgenden werden Ermüdungsprozesse und das Konzept der postaktiven Potenzierung (PAP) als aktivierender Prozess betrachtet.

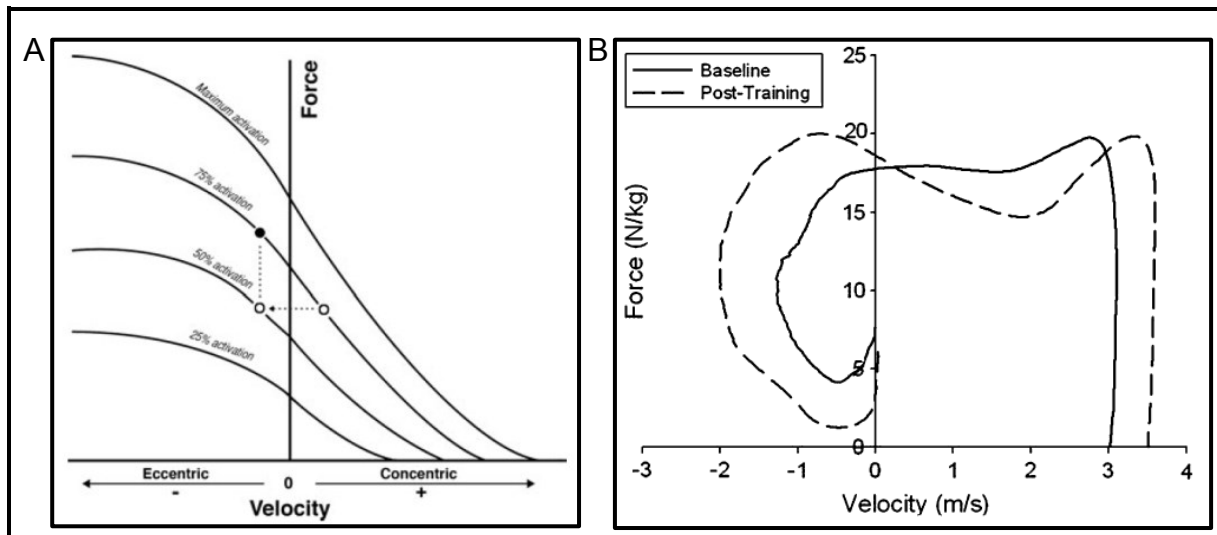


Abb. 4:

A: Schematische Darstellung des Kraft- Geschwindigkeitsverhaltens der menschlichen Muskulatur während exzentrischer und konzentrischer Muskelarbeit und verschiedener Aktivierungsgrade (Reeves et al., 2009, S. 826);

B: Trainingsbedingte Veränderungen der Kraft-Geschwindigkeitsbeziehung während eines CMJ (Cormie et al., 2009, S. 184)

2.2. Ausgewählte Beanspruchungsreaktionen nach Schnellkraftbelastungen

Die Entfaltung von Schnellkraft basiert auf zahlreichen anatomischen Strukturen und physiologischen Prozessen, die die Umwandlung von biologischer in mechanische Energie beeinflussen, wie z. B. die Art und Form der Muskelfasern, Stoffwechselprozesse, etc. (Hamada, Sale, MacDougall & Tarnopolsky, 2003). Von besonderem Interesse sind an dieser Stelle akute Prozesse, die sich leistungssteigernd (postaktive Potenzierung bzw. PAP) oder leistungsmindernd auswirken (Ermüdung). Diese treten in ihrer Wirkungsweise simultan auf, beeinflussen sich gegenseitig und erschweren eine genaue Diagnostik (Lorenz, 2011; MacIntosh & Rassier, 2002; Rassier & MacIntosh, 2000). Ursachen können diesbezüglich sein: die sich ändernde Sensitivität der Myofilamente gegenüber Ca^{2+} (Paasuke et al., 2007), die wechselnde Phosphorylierungsrate der leichten Myosinketten oder veränderte Reflexaktivitäten (Trimble & Harp, 1998). Die Abbildung 5 stellt den ermüdungs- bzw. potenzierungsbedingten Einfluss der Sensitivität von Ca^{2+} auf die Kraftentfaltung dar.

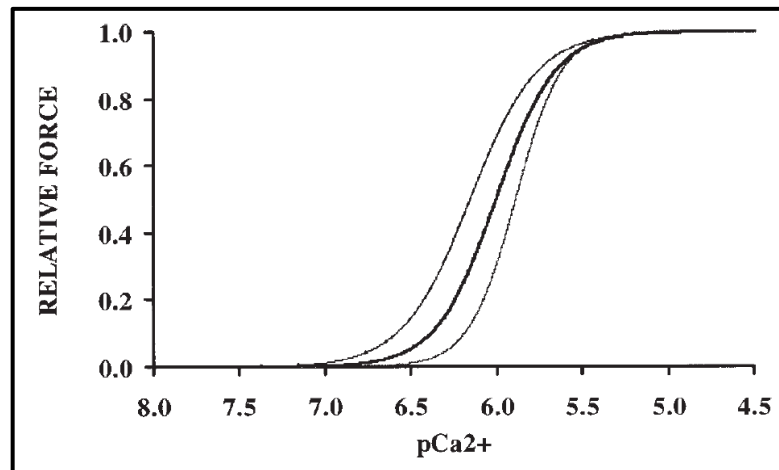


Abb. 5: Hypothetische Kraft- pCa^{2+} -Beziehung (MacIntosh & Rassier, 2002, S. 46). Dargestellt sind die Mittellinie (relative Kraft ohne vorhergehenden Belastungsreiz), der nach links verschobene, potenzierungsbedingte Verlauf und der nach rechts verschobene, ermüdungsbedingte Verlauf.

Ausgehend vom Superkompensationsmodell (Jakovlev, 1977) und der Fitness-Ermüdungs-Theorie (Banister, Calvert, Savage & Bach, 1975) sehen Chiu et al. (2003) in den Wechselwirkungen ermüdungs- und potenzierungsbedingter Prozesse die akute Manifestation des Zwei-Faktorenmodells (Zatsiorsky, 1995). Demnach ist eine akut veränderte Kraft- bzw. Schnellkraftleistung das Ergebnis bzw. der Nettoeffekt der Interaktion von Ermüdungs- und Fitness- bzw. Potenzierungseffekten nach einem Trainingsreiz (vgl. Abb. 9). Dabei sind zahlreiche belastungs- und subjektbedingte Einflussfaktoren wirksam, wie beispielsweise die Intensität, das Volumen bzw. der Umfang, die Bewegungsgeschwindigkeit der Vor- bzw. Nachbelastung (Chiu, Fry, Schilling, Johnson & Weiss, 2004; vgl. Abb. 6), die Maximalkraft oder die Muskelfaserverteilung (Tillin & Bishop, 2009).

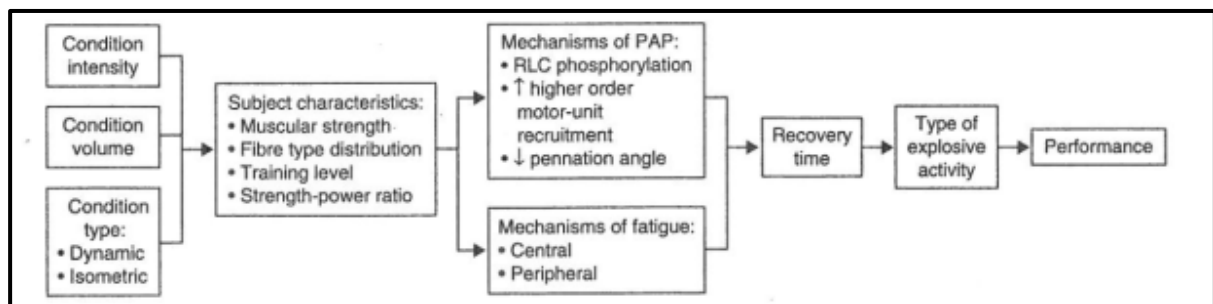


Abb. 6: Darstellung verschiedener Einflussfaktoren auf Ermüdungs- und Potenzierungsprozesse und in dessen Folge auf die akute Leistungsentfaltung (Tillin & Bishop, 2009, S. 157)

Einer der wichtigsten Einflussfaktoren ist der zeitliche Verlauf zwischen den Belastungsreizen. Diesbezüglich stellt Jeffreys (2008, S. 17) fest: „The time line of fatigue and PAP will influence the post-stimulus state, and the optimal recovery window is dependent upon the amplitude and rate of decay of PAP and fatigue.“ Die Problematik bzw. Komplexität der Leistungsentfaltung als Nettoeffekt der zeitgleichen Wirkungen zeigt sich u. a. unmittelbar nach einem Belastungsreiz. Dann entfalten sowohl Potenzierungs- als auch Ermüdungswirkungen anhand verschiedener Parameter ihre Ausprägung. Außerdem klingen im sukzessiven Verlauf die Ermüdungs- und Potenzierungseffekte in unterschiedlichem Ausmaß ab (vgl. Abb. 7).

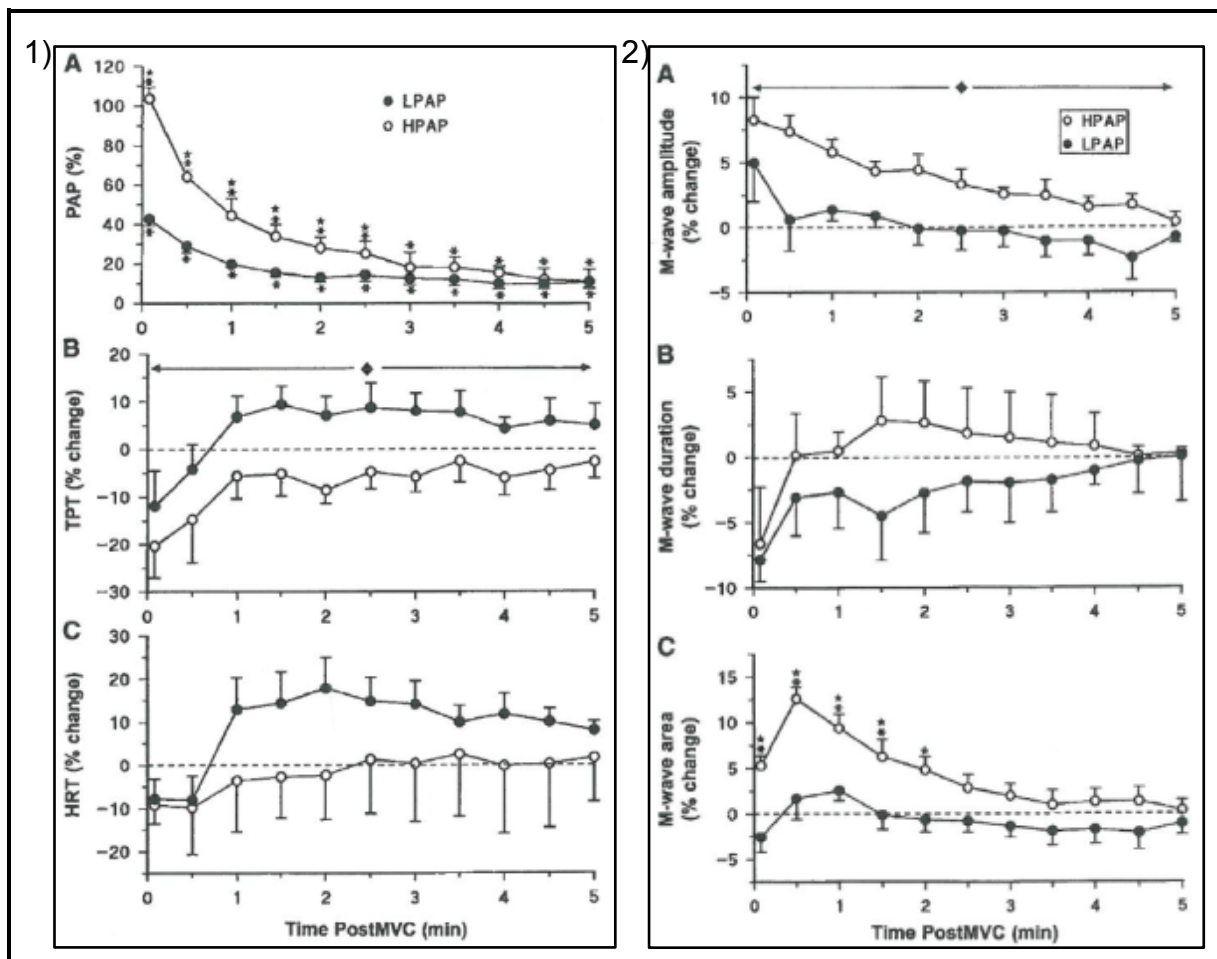


Abb. 7: Darstellung der simultanen bzw. sukzessiven Wirkung von Ermüdungs- und Potenzierungsprozessen anhand verschiedener Parameter in zwei Probandengruppen (Hamada et al., 2000a, S. 2136); Erläuterungen: LPAP (low PAP): Gruppe, die gering auf Vorbelastungsreiz anspricht; HPAP (high PAP): Gruppe, die stark auf Vorbelastungsreiz reagiert; TPT (time to peak torque): Zeit bis zum maximalen Drehmoment; HRT (half relaxation time): Halbentspannungszeit; 2 A-C: Amplitude, Dauer und Fläche der M-wave

In der Nachbelastungsphase kann die Ermüdungswirkung, je nach Belastungscharakteristik und Parameterart, deutlich und kurzzeitig nach der Belastung wirken. Der Fitness- bzw. Potenzierungseffekt tritt dabei gedämpft und etwas länger auf, so dass die Nettoleistungspotenzierung einsetzt, sobald die Ermüdungsprozesse abgeklungen sind (Chiu & Barnes, 2003; Chiu et al., 2003; Nibali, Mitchell, Chapman & Drinkwater, 2011; Trimble & Harp, 1998). Trimble und Harp (1998) konnten in Bezug auf den zeitlichen Verlauf der Wechselwirkung zwischen Ermüdungs- und Potenzierungswirkungen nach einer Belastung leistungsmindernde Effekte innerhalb einer Minute und potenzierende Effekte zwischen 3-10 min nachweisen. Saez-Saez de Villarreal, Gonzalez-Badillo und Izquierdo (2007) objektivierten diesbezüglich leistungssteigernde Effekte verschiedener Erwärmungsprogramme sogar bis zu sechs Stunden nach dem Belastungsreiz. Andererseits weisen Alway, Hughson, Green, Patla und Frank (1987) darauf hin, dass PAP-Effekte nach 30 min abgeklungen sind.

Während eines sich wiederholenden Belastungsreizes können sich Ermüdungs- bzw. Potenzierungswirkungen unmittelbar oder erst nach einer gewissen Anzahl bzw. Dauer von Muskelkontraktionen einstellen (vgl. Abb. 8).

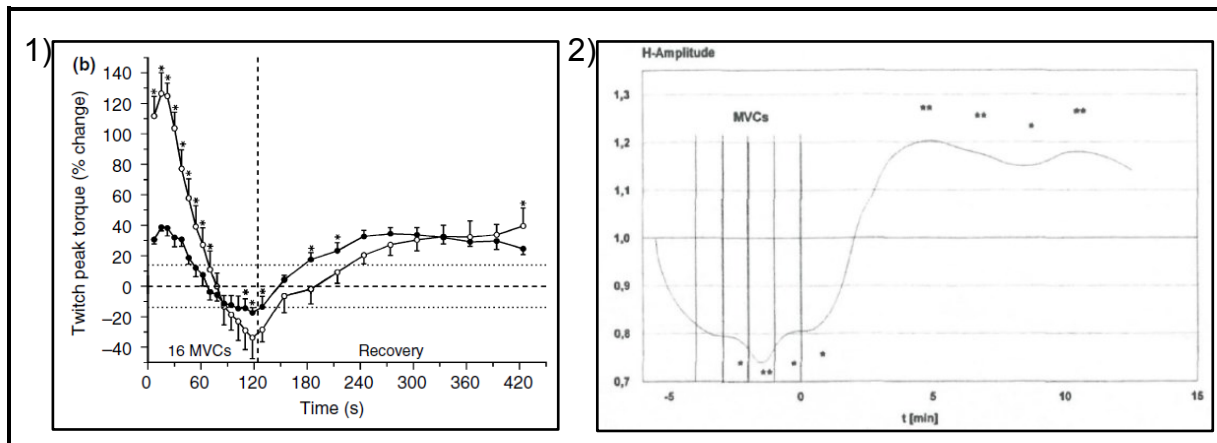


Abb. 8: Verlauf von Ermüdungs- und Potenzierungseffekten während und nach 16 MVC (1) bzw. 5 MVC (2) anhand der Parameter (1) Maximaldrehmoment und (2) Amplitudenhöhe H-Reflex des m. gastrocnemius lateralis (Teilabbildung 1: Hamada et al., 2003, S. 169; Teilabbildung 2: Güllich & Schmidtbleicher, 1996, S. 75)

Die Analyse des zeitlichen Verlaufs von spezifischen Ermüdungs- und Potenzierungseffekten während und nach Belastungen kann demnach Hinweise über den Verlauf und das Ergebnis von Trainings- bzw. Wettkampfleistungen liefern. Die Problematik in der Erforschung bzw. im Nachweis der Prozesse besteht gerade in ihrer Wechselwirkung und den zeitlich verschiedenen Auswirkungen. Dies kann auch bedeuten, dass es für potenzierte Effekte zwei Zeitfenster geben kann (vgl. Abb. 9).

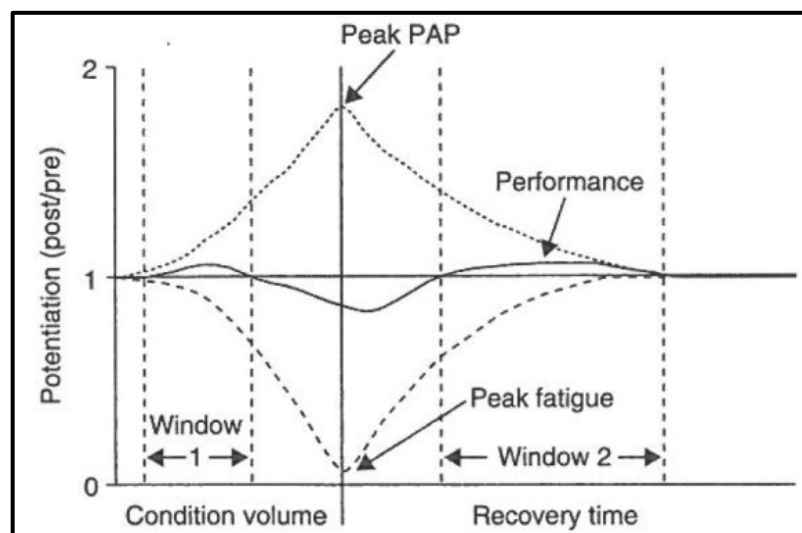


Abb. 9: Schematische Darstellung des Leistungsverlaufs unter dem Einfluss von Ermüdungs- und Potenzierungsprozessen während und nach einer Belastung (Tillin & Bishop, 2009, S. 156)

2.2.1. Postaktive Potenzierung

Das Phänomen der postaktiven Potenzierung wird von zahlreichen Autoren als leistungsfördernde Beanspruchungsreaktion nach Krafttrainingsreizen bezeichnet (Chiu et al., 2003; Robbins, 2005; Sale, 2002). Als akuter Prozess in Folge von Muskelkontraktionen steht die PAP den leistungsmindernden Ermüdungsprozessen gegenüber

und kann beispielsweise eine niederfrequente Ermüdungswirkung (vgl. Abb. 10 A) kompensieren (Green & Jones, 1989). Es wird davon ausgegangen, dass ein Belastungsreiz mit geringem Volumen und hoher Intensität günstige Bedingungen für das Auftreten einer PAP schafft (Chiu et al., 2003; Hamada et al., 2000b).

Die **Wirkungen** der PAP werden mit der Analyse verschiedener Parameter objektiviert. In der Regel werden diese mit drei Verfahren diagnostiziert (Hodgson, Docherty & Robbins, 2005). Einerseits wird z. B. die Kraft einer Muskelkontraktion bzw. die H-Reflexamplitude/ M-wave nach einem einzelnen Aktionspotential in Form einer Stimulation betrachtet (z. B. evozierte tetanische Kontraktion; vgl. Abb. 10 B, 12 A; Gossen & Sale, 1998, 2000; Lorenz, 2011; Mitchell & Sale, 2011; O'Leary, Hope & Sale, 1997). Andererseits werden verschiedene Parameter mit dem Test der maximalen, willkürlich-isometrischen Anspannung erhoben (engl. maximal voluntary isometric contraction bzw. MVIC; Güllich & Schmidtbleicher, 1996; Hodgson et al., 2005; Knight, Marmon & Poojari, 2008; Robbins & Docherty, 2005; Sale, 2002; Stone, Sands, Pierce, Ramsey & Haff, 2008). Weiterhin werden Parameter während verschiedener sportmotorischer Tests mit submaximalen aber explosiven Kraftanforderungen analysiert. Diesbezüglich wurden z. B. erhöhte Sprunghöhen, Bodenreaktionskräfte, Absprunggeschwindigkeiten, mechanische Leistungen, EMG-Aktivitäten verschiedener Muskelgruppen, Impulse, Kräfte bzw. Kraftentwicklungsraten (RFD) sowie reduzierte Muskelentspannungszeiten oder Bodenkontaktzeiten beim DJ festgestellt (Chiu et al., 2003; Gourgoulis, Aggeloussis, Kasimatis, Mavromatis & Garas, 2003; Hamada, Sale & MacDougall, 2000a; Hodgson et al., 2005; Radcliffe & Radcliffe, 1996; Rixon, Lamont & Bemben, 2007; Tillin & Bishop, 2009; Young, Jenner & Griffiths, 1998). Radcliffe und Radcliffe (1996) stellten z. B. Steigerungen von 3,9 cm im Standweitsprung nach 4 Sätzen und je 4 Wiederholungen mit einer Gewichthebeübung (Reißen) mit 85 % des EWM fest. Leistungssteigerungen drückten sich ebenfalls in einer Erhöhung der EMG-Muskelaktivität aus (Sotiropoulos et al., 2010). Allerdings gibt es auch Studien, die keine Leistungssteigerungen und Veränderungen der Muskelaktivität nachweisen konnten und dies auf die Wirkung von Ermüdungsprozessen zurückführten (Comyns, Harrison, Hennessy & Jensen, 2007; Comyns, Harrison, Hennessy & Jensen, 2006; Ebben, Randall & Blackard, 2000; Gossen & Sale, 2000; Hanson, Leigh & Mynark, 2007; Hrysomallis & Kidgell, 2001; Jensen & Ebben, 2003; Jones & Lees, 2003; Robbins & Docherty, 2005; Scott & Docherty, 2004). Die PAP wurde dennoch bereits in zahlreichen Muskeln des Menschen nachgewiesen (Duthie, Young & Aitken, 2002; Hodgson et al., 2005; O'Leary et al., 1997; Sale, 2002). Gossen und Sale (2000) sehen den Wirkungsbereich der PAP-Effekte vor allem zwischen den Polen der Kraft-Geschwindigkeits-Beziehung der menschlichen Muskulatur (vgl. Abb. 11 B).

Da die Erzeugung und Objektivierung der PAP eine Aktivierung von Muskelfasern voraussetzt, stellt einerseits die „individuelle Muskelkoordination“ (Bewegungstechnik) bzw. die „Art der Kontroll- bzw. Testbelastung“ einen **Einflussfaktor** dar (Trimble & Harp, 1998). Andererseits kann die PAP durch unterschiedliche Belastungsarten hervorgerufen werden (vgl. Abb. 10 B), die die Höhe und den zeitlichen Verlauf der Potenzierung beeinflussen (Baudry & Duchateau, 2004; O'Leary et al., 1997). Ur-

spürlich wurde in Tierexperimenten herausgefunden, dass nach einer tetanischen Stimulation die Effektivität der Erregungsübertragung an synaptischen Verbindungen für einige Minuten erhöht bleibt, was sich in gestiegenen postsynaptischen Potentialen ausdrückt (Güllich & Schmidtbleicher, 1996).

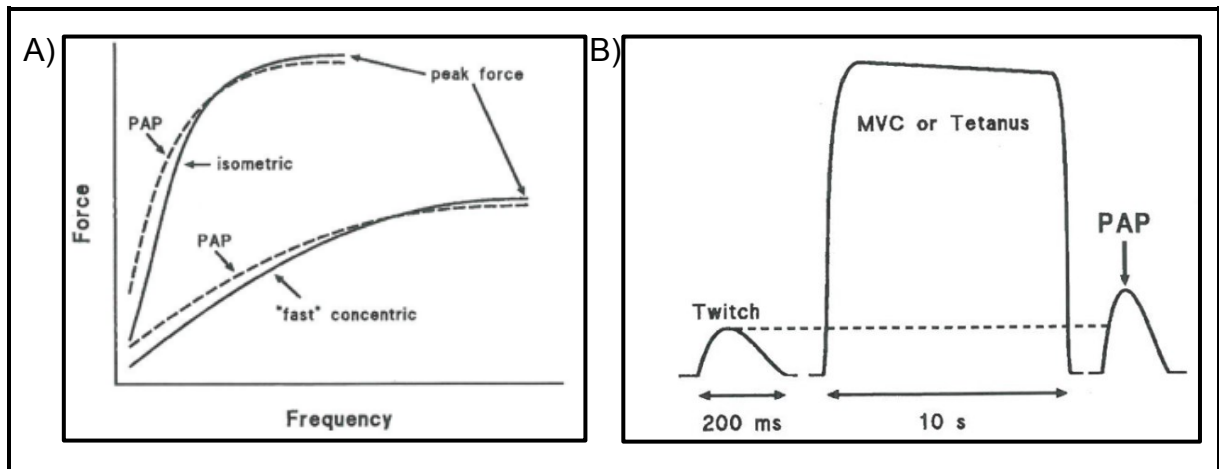


Abb. 10: Darstellungsformen der postaktiven Potenzierung (Sale, 2002, S. 139, 140)

A: Schematische Darstellung der PAP mit Wirkung im Bereich niedrigerer Frequenz bzw. Kraft während isometrischer und dynamisch-konzentrischer Belastungen

B: PAP als erhöhte Kraftäußerung nach verschiedenen Belastungsreizen

Die erhöhte Kraft nach maximalen, tetanischen Kontraktionen wird auch als posttetanische Potenzierung (PTP) bezeichnet (z. B. Güllich & Schmidtbleicher, 1996). Eine weitere Form der Kräftefaltung während wiederholter evozierter Kontraktionen ist die Stufenform (engl.: staircase; vgl. Abb. 11 A). Diese Formen werden auch unter den Begriffen „postaktive Potenzierung“ oder „aktivitätsabhängige Potenzierung“ zusammengefasst (Gossen & Sale, 2000; MacIntosh & Rassier, 2002).

Als **ursächlich physiologische Mechanismen**, die sich leistungserhöhend auswirken, werden zwei verschiedene Prozesse betrachtet. Der erste Prozess ist die erhöhte Erregbarkeit des Nervensystems (Rassier & Herzog, 2002; Rixon et al., 2007), welche sich in verbesserten synaptischen Übertragungen bzw. Entladungen der α -Motoneurone auf Rückenmarksebene äußern und somit in erhöhten postsynaptischen Potentialen bzw. Reflexaktivitäten münden (Chiu et al., 2003; Hodgson et al., 2005). Diesbezüglich wiesen Güllich und Schmidtbleicher (1996) darauf hin, dass erregungsleitende Aktionspotentiale nur übertragen werden, wenn gleichzeitig die Transmitterausschüttung in möglichst vielen präsynaptischen Verbindungen mit einer optimalen postsynaptischen Rezeptorsensibilität zusammentrifft. Diese resultieren schließlich in einer verbesserten Rekrutierung, Synchronisation und höheren Entladungsfrequenzen der Agonisten/ Synergisten und einer verringerten präsynaptischen Hemmung des agonistischen Golgi-Sehnen-Organs (Scott & Docherty, 2004; Tillin & Bishop, 2009).

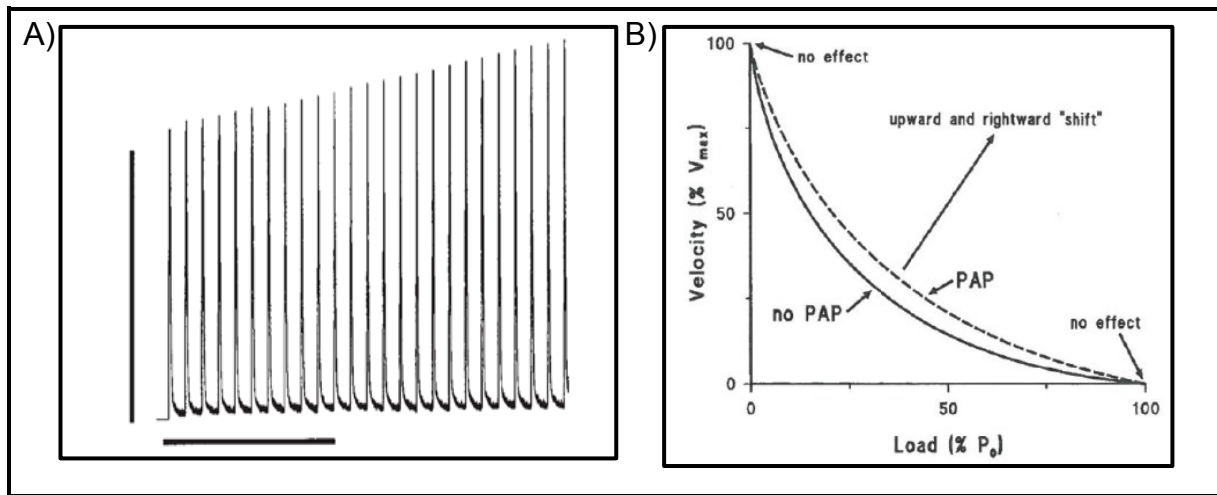


Abb. 11: Darstellung der PAP im Verlauf sich wiederholender Einzelstimulationen (A: MacIntosh & Rassier, 2002, S. 44) und (B) des Wirkungsbereiches im Kraft- bzw. Last-Geschwindigkeits-Zusammenhang, der die Wirkung auf die Kraftentwicklungsrate während explosiver Bewegungen symbolisiert (Sale, 2002, S. 141)

Der zweite Prozess ist die verbesserte Phosphorylierung der leichten Myosinketten (engl.: myosin bzw. regulatory light chains (MLC bzw. RLC; vgl. Abb. 12 B), die als Folge eines vermehrten kontraktionsbedingten Kalziumeinstroms in das Sarkomer und einer erhöhten Sensitivität von Aktin und Myosin gegenüber dem Kalziumeinstrom aus dem sarkoplasmatischen Retikulum entsteht (Docherty, Robbins & Hodgson, 2004; Grange, Vandenboom & Houston, 1993; Judge, 2009; Sweeney, Bowman & Stull, 1993; Vandenboom, Grange & Houston, 1995). MacIntosh (2010) verweist in diesem Zusammenhang darauf, dass mit der verbesserten Phosphorylierung der leichten Myosinketten die Mobilität der Myosinköpfe erhöht wird, wodurch die Myosinköpfe näher an die Bindungsstellen mit den Aktinfilamenten geraten. Anschließend trägt dies zu einer quantitativen und qualitativen Verstärkung von Querbrückenverbindungen bei. Dies kann letztlich in einer erhöhten konzentrischen Kraftanstiegsrate und Kontraktionskraft resultieren oder in einer reduzierten exzentrischen Muskelverlängerung münden (Schmidtbleicher, 1992).

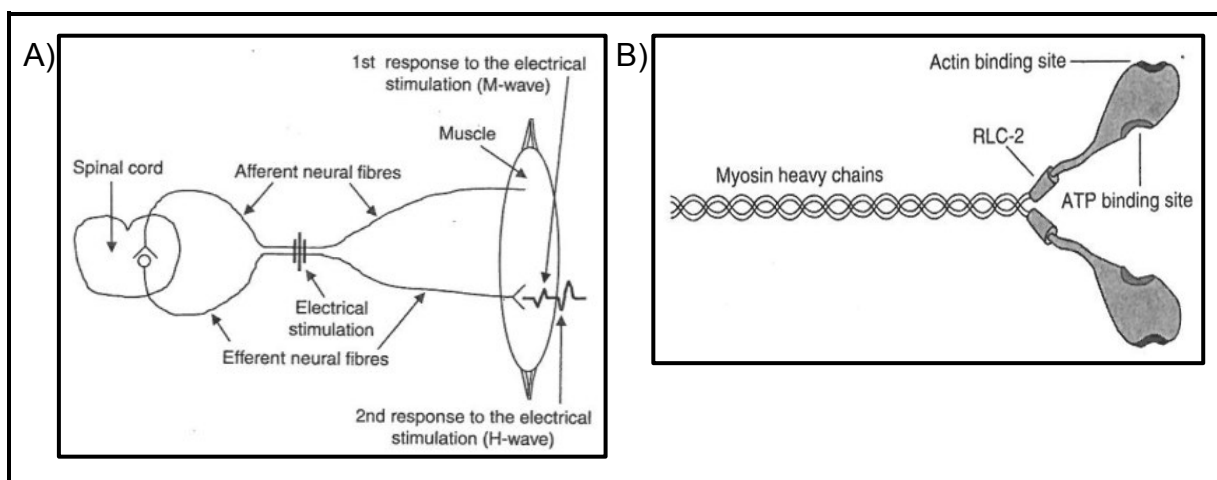


Abb. 12: Strukturveranschaulichung der Nachweisprozedur zur Reflexintensität (M- und H-wave) mittels Nervenstimulation (A) und der Lokalität der leichten (RLC) Myosinketten (B); (Tillin & Bishop, 2009, S. 151, 149)

Auf einen weiteren akuten Mechanismus zur Schnellkraftsteigerung, der mit dem der PAP zusammenwirkt, weisen weitere Autoren hin (Baker & Newton, 2005; Burke, Pelham & Holt, 1999; Knight et al., 2008). Dieser Mechanismus betrifft eine erhöhte reziproke Hemmung der antagonistischen Muskulatur, womit die intermuskuläre Koordination zwischen Agonisten und Antagonisten verbessert wird. Grundlage dafür ist ein dreiphasiges Aktivitätsmuster (engl.: „ABC-pattern“) der motorischen Einheiten, welches typischerweise während schneller Extremitätenbewegungen auftritt. Dieses beginnt in der Form eines großen Aktivitätsimpulses der Agonisten, gefolgt von einem kurzen Bremsimpuls der Antagonisten und einer abschließenden Agonistenaktivierung (Jaric, Ropret, Kukolj & Ilic, 1995). Während der Mechanismus der PAP auf der Vergrößerung des Erstimpulses beruht, beeinflusst die Veränderung der Antagonistentätigkeit die Länge des folgenden Bremsimpulses und somit ebenfalls die Gesamtleistungsabgabe. Weiterhin weisen mehrere Autoren darauf hin, dass Leistungssteigerungen in Nachbelastungsphasen auch auf den Effekten einer erhöhten Körperkern- und Muskeltemperatur beruhen können (Faigenbaum et al., 2010), ebenso wie auf veränderten Fiederungswinkeln der Muskelfasern im Verhältnis zum Bindegewebe und den Sehnen (Tillin & Bishop, 2009).

Weitere Einflussfaktoren bestimmen den Ausprägungsgrad der postaktiven Potenzierung, wie z. B. Art, Volumen, Intensität, Dichte der Vorbelastung oder Kontrollübung, Probandenstatus, Muskellänge, etc. (Jeffreys, 2008; O'Leary et al., 1997; Tillin & Bishop, 2009). Da sich aufgrund der vielfältigen Einflussfaktoren eine beachtliche Komplexität ergibt, stellt sich die Frage nach der optimalen Kombination der Einflüsse, um einen hohen Wirkungsgrad der postaktiven Potenzierung zu erreichen. In einer Metaanalyse, die 32 Primärstudien beinhaltet, untersuchten die Autoren Wilson et al. (2013) den Einfluss verschiedener Faktoren auf Leistungssteigerungen in Folge der postaktiven Potenzierung. Dabei zeigte sich, dass Leistungssteigerungen geschlechtsunabhängig vor allem dann auftraten, wenn ein sehr guter Trainingszustand vorlag (mindestens drei Jahre Krafttrainingserfahrung), mehrere Sätze (> 3) durchgeführt wurden, mittlere Intensitäten (60-84 % des EWM) und Pausenzeiten zwischen 7-10 min verwendet wurden (Duthie et al., 2002).

Der *Probandenstatus* hat einen Einfluss auf die Leistungsentfaltung im Anschluss an die Vorbelastung (vgl. Abb. 14 A), so dass Sportler mit hohem Kraft- und Kraftausdauerniveau besser in der Lage sind, die Prozesse der PAP in Leistungssteigerungen umzusetzen (Chiu et al., 2003; Duthie et al., 2002; Güllich & Schmidtbleicher, 1996). Diesbezüglich ist der Muskelfasertyp und dessen Querschnittsfläche ein Hauptfaktor, welcher die Größenordnung der PAP bestimmt. Muskeln mit einem hohen Anteil von Typ-2-Muskelfasern bzw. Muskeln mit kürzesten Kontraktionszeiten entfalten eine erhöhte PAP (Güllich & Schmidtbleicher, 1996; Hamada et al., 2000a, 2000b). Somit können sich intraindividuelle Unterschiede zwischen den Muskelgruppen und interindividuelle Unterschiede ergeben, die sich hinsichtlich der oft dokumentierten, hohen Variabilitätsraten in der Beschreibung von Respondern bzw. Non-Respondern niederschlagen. Außerdem weisen die o.g. Autoren darauf hin, dass die individuelle Schnellkraftausdauer im Sinne einer Ermüdungswiderstandsfähigkeit bzw. Regenerationsfähigkeit einen Einfluss auf den Wirkungsgrad der PAP ausübt.

In diesem Zusammenhang haben Chiu et al. (2004) herausgefunden, dass Sportler mit einem hohen Anteil von Typ-2-Muskelfasern ein hohes glykolytisches Potential besitzen, was der Nachlieferung von ATP zu Gute kommt und somit der Wortsemantik einer Regenerationsfähigkeit entspricht. Hamada et al. (2000a) zeigten außerdem, dass ein hoher Anteil der schnellen Art von leichten Myosinketten in Typ-1-Fasern das Auftreten von PAP-Effekten begünstigt (vgl. Abb. 13). Da während hoher Kontraktionsgeschwindigkeiten fast ausschließlich FT-Fasern zur Leistungserbringung beitragen, ergibt sich eine hohe Bedeutung dieser Faserarten für die Wirkung der PAP (Faulkner, Opitck & Brooks, 1992).

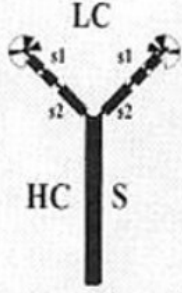
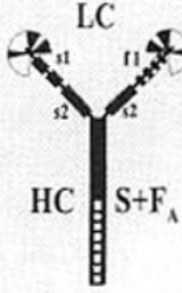
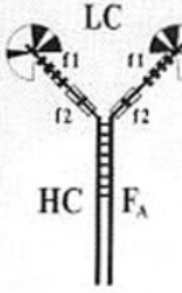
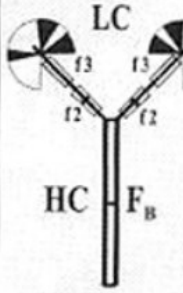
Fasertyp	I	IIc	IIA	IIB
Kontraktivität	gering	intermediär		hoch
Myosin	SLOW (S, s)		FAST (F, f)	
Innervations-Frequenz	~ 10/s	~ 25/s	~ 40/s	> 55/s
schwere Ketten (heavy chains: 'HC')	S	S + F _A	F _A	F _B
leichte Ketten (light chains: 'LC')	s1 + s2 (f1) (f1 + f2) (f1 + f2 + f3)	s1 + s2 f1 + f2 + f3	f1 + f2 + f3	f1 + f2 + f3
Modelle von Myosin-Molekülen (eine Variante pro Fasertyp)				

Abb. 13: Faserspektrum der Skelettmuskulatur mit von links nach rechts ansteigender Kontraktionsschnelligkeit, Entspannungsfähigkeit und Ermüdbarkeit (4 Beispiele aus der Vielfalt an Kombinationsmöglichkeiten zwischen schweren und leichten Ketten; Tidow & Wiemann, 1994, S. 12)

Die Empfehlungen hinsichtlich eines optimalen Zusatzgewichts bzw. einer optimalen Intensität für die Auslösung einer PAP sind nicht einheitlich. Im Allgemeinen werden hohe Intensitäten (80-95 % bzw. 3-5-RM) empfohlen, um Potenzierungseffekte hervorzurufen (Clark, Bryant & Reaburn, 2006; Comyns et al., 2006; Gourgoulis et al., 2003; Jeffreys, 2008; Jensen & Ebben, 2003; Jones & Lees, 2003; Kilduff et al., 2007; Matthews, O'Conchuir & Comfort, 2009; Mitchell & Sale, 2011; Scott & Docherty, 2004; Weber, Brown, Coburn & Zinder, 2008). Beispielsweise konnten in einigen Studien akute Leistungssteigerungen im Vertikalsprung (CMJ) nach Halbkniebeugen nachgewiesen werden (Saez-Saez de Villarreal et al., 2007; Young et al., 1998). Allerdings gibt es auch Untersuchungen ohne festgestellte Leistungsverbesserungen (Ebben et al., 2000; Hrysomallis & Kidgell, 2001; Jones & Lees, 2003; Scott & Docherty, 2004). Sotiropoulos et al. (2010) hingegen verwendeten Zusatzgewichte von ca. 30 % und 55 % des EWM während Halbkniebeuge und diagnostizierten Po-

tenzierungseffekte in Form von Steigerungen der CMJ-Leistung (3,5 %), der konzentrischen mechanischen Leistung (6,3 %) und der EMG-Aktivität des m. quadriceps femoris (5,9 %) und speziell dem m. vastus lateralis (8,5 %). Auch andere Autoren (Baker, 2003; Radcliffe & Radcliffe, 1996) objektivierten Potenzierungseffekte nach moderaten Zusatzlasten (< 80 % des EWM). Im Gegensatz dazu fanden Saez-Saez de Villarreal et al. (2007) im Vergleich verschiedener Belastungsprotokolle heraus, dass Potenzierungseffekte ausschließlich nach hohen Intensitäten (> 80 %) auftraten.

Hamada et al. (2003) zeigten in Bezug auf den Einflussfaktor „Belastungsvolumen“, dass Potenzierungseffekte (evozierte Maximalkraft) unmittelbar nach einem geringen Volumen (3 von 16 MVC á 5 s) auftraten, dann von Ermüdungswirkungen überlagert wurden und sich nach Regenerationszeiten von 30 - 120 s erneut einstellen. Die „Art der Kontrollübung“ vor und nach einer Vorbelastung stellt ebenfalls einen Einflussfaktor auf den Nachweis von PAP-Effekten dar (vgl. Abb. 14 B). In zahlreichen Studien wurden isometrische MVC, eingelenkig-dynamische Kontraktionen oder auch komplexe Ganzkörperbewegungen eingesetzt (Tillin & Bishop, 2009). Babault, Maffiuletti und Pousson (2008) stellten fest, dass Potenzierungseffekte während konzentrischer Bewegungen größer sind als im isometrischen Zustand und dass diese PAP-Wirkungen wiederum größer sind als bei exzentrischen Bewegungen. Aufgrund der Verschiedenartigkeit physiologischer und mechanischer Prozesse zwischen isometrischen und dynamischen Bewegungen (z. B. Rekrutierungsmuster), scheinen unterschiedliche Reaktionen plausibel. Diese bedingen die spezifische Analyse der Art der Vorbelastung und der Kontrollbewegung.

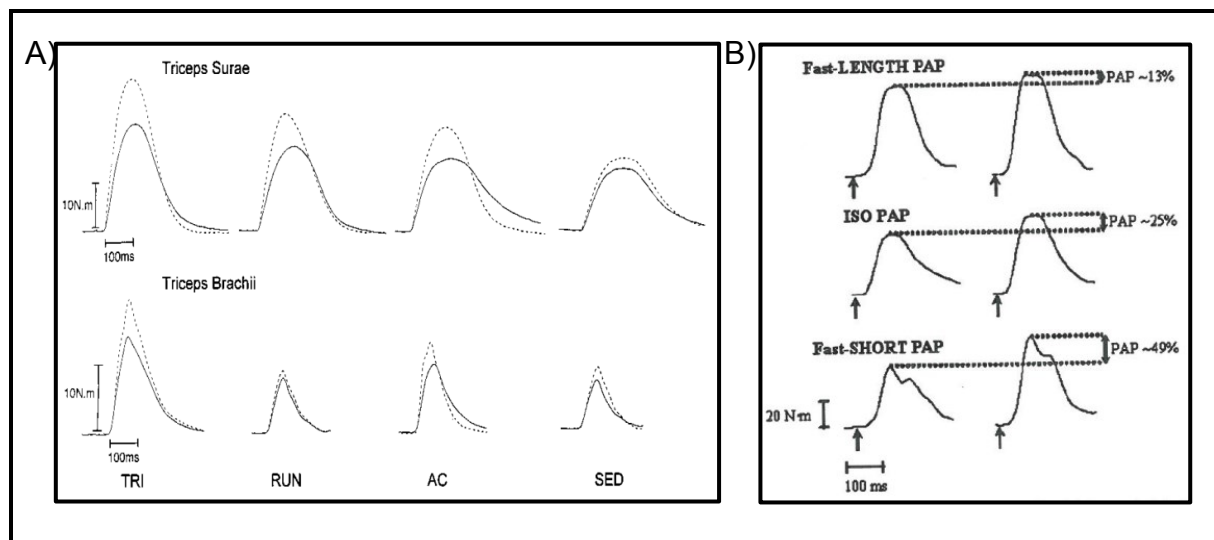


Abb. 14: Einfluss der Faktoren Trainingsstatus (A) und Kontraktionsart (B) auf die Entfaltung der PAP (Hamada et al., 2000a, S. 407; Babault et al., 2008, S. 739)

Erläuterung: TRI = Triathleten; RUN = Langstreckenläufer; AC = aktive Kontrollgruppe; SED = Kontrollgruppe mit sitzenden Arbeitstätigkeiten

Bisher liegen wenige Untersuchungen vor, die spezielle Leistungsveränderungen im CMJ nach freien Kniebeugen mit Zusatzlast untersuchten (Mitchell & Sale, 2011; Sotiropoulos et al., 2010; Witmer, Davis & Moir, 2010). Dabei zeigten verschiedene Intensitätsbereiche eine leistungssteigernde Wirkung. Sotiropoulos et al. (2010)

analysierten CMJ nach Halbkniebeugen mit leichten (25-35 % EWM) und mittleren (45-65 % EWM) Zusatzlasten und konnten Erhöhungen der Parameter „Flughöhe“ (4,0-3,0 %), „mechanische Leistung“ (6,3-7,3 %) und „EMG-Aktivität im m. vastus lateralis“ (5,5-10,9 %) feststellen. Smilios, Pilianidis, Sotiropoulos, Antonakis und Tokmakidis (2005) konnten Leistungssteigerungen im CMJ ausschließlich nach Jump-Squats mit 60 % des EWM nachweisen und nicht nach 30 %. Andererseits zeigten Studien keine Leistungsverbesserungen im CMJ nach Vorbelastungsintensitäten von 30 bzw. 65 % des EWM (Comyns et al., 2007; Hanson et al., 2007; Saez-Saez de Villarreal et al., 2007). Gourgoulis et al. (2003) konnten eine Steigerung von 2,4 % im CMJ und Young et al. (1998) eine 2,8-prozentige Steigerungen im CMJ nach Kniebeugen mit Zusatzlast diagnostizieren. Außerdem wurde festgestellt, dass es zu einem stärkeren Anstieg bei Sportlern mit höherem Maximalkraftniveau kam.

Der **zeitliche Verlauf der PAP-Effekte** offenbart sich beispielsweise anhand verschiedener Kraftparameter einer Muskelkontraktion nach evozierter Nervenstimulation. Hier zeigte sich, dass PAP-Effekte in Form von gestiegenen Maximalkräften, maximalen Kraftentwicklungsraten, Entspannungsrate und EMG-Aktivitäten unmittelbar nach einer Vorbelastung verstärkt auftreten können (vgl. Abb. 15), innerhalb der Folgezeit exponentiell bzw. stufenweise nachlassen und dennoch für längere Zeit nachweisbar bleiben (Hamada et al., 2000b; O'Leary et al., 1997; Paasuke et al., 2007).

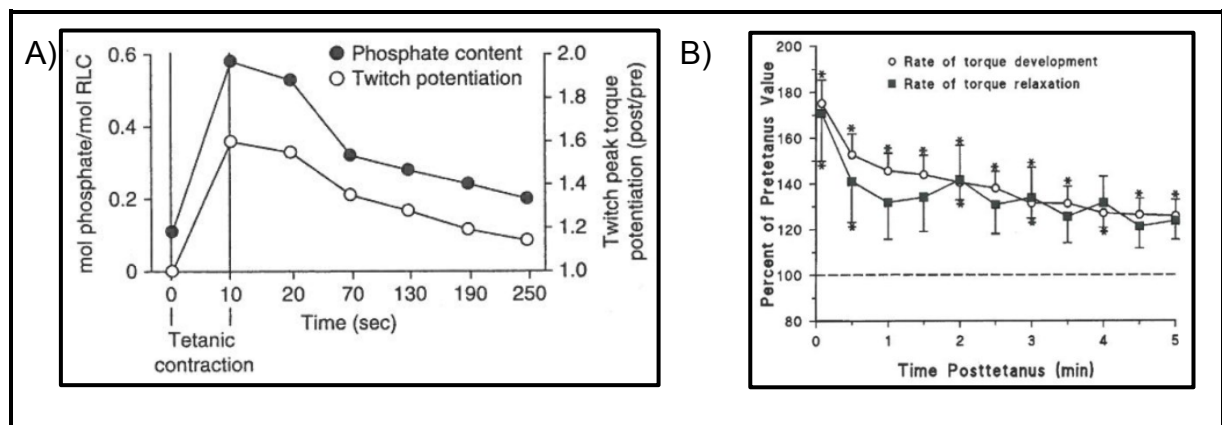


Abb. 15: Zeitlicher Verlauf der PAP-Wirkung anhand verschiedener Parameter nach MVC von 10 s bzw. 7 s (A: Tillin, 2009, S. 149; B: O'Leary et al., 1997, S. 2135); Erläuterung: A – Paralleler Verlauf der Phosphorylierung der leichten Myosinketten und des maximalen Drehmoments einer Muskelkontraktion; B – zeitlicher Verlauf der Drehmomentanstiegs- und -abfallraten

In der Betrachtung der H-Reflexamplitude nach willentlichen Aktivierungen wurde i. d. R. eine postaktive Depression (PAD) im Zeitraum von 10-60 s registriert, wahrscheinlich aufgrund von Transmitterausschöpfungen (Hodgson et al., 2005), bevor Potenzierungen im Zeitraum von 1-16 min festgestellt wurden. Bei der Diagnostik von PAP-Wirkungen während komplexer Bewegungsabläufe ergibt sich ein heterogenes Bild hinsichtlich eines optimalen Zeitpunkts in der Nachbelastungsphase. Hierbei wurden Leistungssteigerungen zwischen 1 min (z. B. Hilfiker, Hubner, Lorenz & Marti, 2007) und 20 min (z. B. Chiu et al., 2003) nachgewiesen. Durch die spezifische Analyse von CMJ-Leistungen nach einer Vorbelastung mit 5-RM-Kniebeuge

und vierminütigen Pausenzeiten stellten Mitchell und Sale (2011) akute Leistungssteigerungen fest. Da es nur wenige spezifische Studien zur optimalen Pausenzeit gibt (Gossen & Sale, 2000; Wilson, Newton, Murphy & Humphries, 1993), ist es notwendig, bisherige Erkenntnisse genauer zu betrachten, um Ableitungen für weitere Studien und die Praxis treffen zu können. Dazu folgen Ausführungen in Kapitel 2.3.5.

Neben den Fragestellungen, die sich auf die Optimierung der akuten Wirkung der PAP beziehen, gilt es die Frage zu beantworten, ob es sich dabei um ein relativ unveränderbares physiologisches Phänomen handelt, oder ob es zusätzlich im Sinne der Erzeugung von Trainingsadaptationen nutzbar gemacht werden kann (z. B. erhöhte Aktivierungsfähigkeit schneller motorischer Einheiten, vergrößerte Muskel- bzw. Faserquerschnittsflächen, veränderte Zusammensetzungen der leichten Myosinketten; Trimble & Harp, 1998). Um die Wirkungen der PAP in diesem Sinne zu erschließen, wird das Komplextraining (engl.: complex/ contrast training) angewendet (Lorenz, 2011; Sale, 2002) und in dieser Arbeit in Kapitel 2.3.4. näher betrachtet.

2.2.2. Ermüdungsprozesse

Ermüdung wird allgemein als „[...] eine belastungsbedingte reversible Verminderung der Leistungs- oder Funktionsfähigkeit verstanden [...]“ (Olivier, Augste, Keim & Klippel, 2001, S. 35). Da externe Belastungsreize zu interindividuell und intraindividuell verschiedenen Beanspruchungen führen (z. B. in diversen Körperfunktionssystemen) und Ermüdung somit nur bedingt ein allgemeines Phänomen darstellt, sind Ermüdungswirkungen differenzierter zu betrachten bzw. zu definieren (Thorhauer, Carl & Türck-Noack, 2001). MacIntosh und Rassier (2002) definieren die neuromuskuläre Ermüdung als einen Zustand, bei dem die Kontraktionsqualität während oder nach einem bestimmten Kraftreiz geringer als erwartet ist, wobei der Erwartungsgrad genau definiert sein muss.

Hinsichtlich verschiedener Arten bzw. einer Klassifizierung von Ermüdungsprozessen wird zwischen einer niederfrequenten Ermüdung (engl.: low frequency fatigue) und einer hochfrequenten Ermüdung (engl.: high frequency fatigue) unterschieden (Chiu & Barnes, 2003; Rassier & MacIntosh, 2000). Die niederfrequente Ermüdung tritt vor allem nach Trainingsreizen mit hohem Volumen auf und betrifft hauptsächlich submaximale Kraftentfaltungen. Die hochfrequente Ermüdung entsteht vor allem durch hohe Intensitäten und beeinflusst maximale Kraftentfaltungen. Je nach Lokalität der Ursache/ des Auftretens von Ermüdungswirkungen gibt es die Bezeichnung einer zentralen (spinal und supraspinal; syn.: komplex, allgemein) oder peripheren bzw. muskulären Ermüdungsform (Pereira et al., 2009). Weiterhin wird die differenzierte Betrachtung von unmittelbar neuromuskulären Ermüdungsprozessen in Abgrenzung zu späten bzw. verzögerten Ermüdungserscheinungen empfohlen (Edwards, Hill, Jones & Merton, 1977).

Sowohl körperliche als auch psychische Beanspruchungen können Ermüdungsprozesse auf neuromuskulärer oder metabolischer Ebene auslösen und zu entsprechenden Leistungsminderungen führen. In der Ursachenbeschreibung der zen-

tralen Ermüdungsform wird u. a. die Verminderung erregender (Glutamat) und hemmender (Gaba) Transmitter diskutiert (Martin, Carl & Lehnertz, 1993) und folglich eine verminderte Rekrutierung und/ oder Entladungsfrequenz der aktiven motorischen Einheiten vermutet (Linnamo, Hakkinen & Komi, 1998). Weiterhin wird die muskelzelluläre Ermüdung mit einer verringerten Abgabe des Ca^{2+} bzw. einer geringeren Konzentration von Ca^{2+} im sarkoplasmatischen Retikulum bzw. Myoplasma und einer reduzierten Empfindsamkeit der Kontraktionsproteine gegenüber Ca^{2+} in Verbindung gebracht (Allen, Lannergren & Westerblad, 1995). Das Resultat ist eine verringerte Bindung von Ca^{2+} an das Troponin. Daraus folgt eine geringere Kraftentfaltung. Grundlage für die geringere Verfügbarkeit von Ca^{2+} können u. a. Störungen in der neuromuskulären Erregungsübertragung sein. Diese können ein erhöhtes Membranaktionspotential, ein präsynaptisches Versagen, eine verminderte Sensitivität der postsynaptischen Membran gegenüber Acetylcholin betreffen und vor allem bei der hochfrequenten Form der Ermüdung auftreten (Krnjevic & Miledi, 1958). Bezogen auf die niederfrequente Ermüdungsform sieht Edwards (1981) eine gestörte Kalziumionendurchlässigkeit im Bereich einer geringen Aktivierung der motorischen Einheiten als mögliche Ursache. Auch Gordon, Homsher und Regnier (2000) stellen fest, dass die RFD eine Funktion der Kalziumionenaktivierung des Actomyosins ist, welche sich von einem schwach zu einem stark gebundenen Zustand verändern kann und somit die Muskelspannungsfähigkeit beeinflusst (Pereira et al., 2009). Ein verminderter Blutfluss (Einars & Müller-Limmroth, 1980) sowie Störungen der Spannungsrezeptoren bzw. eine unterbrochene Rezeptorenkommunikation oder die Ausscheidung von Ca^{2+} mit anorganischen Phosphaten werden als weitere Ursachen diskutiert (MacIntosh & Rassier, 2002). Außerdem können u. a. eine verminderte willentliche Aktivierung, die Ausschöpfung der Substrate (ATP, Kreatin, Glykogen), das Ansammeln von Protonen (PH-Wertabnahme bzw. „Übersäuerung“) oder die mechanische Zerstörungen der Muskelfaserelemente mitverantwortlich sein (Hakkinen, 1993; Wilson et al., 2013). Im Bereich verminderter Reflexantworten nach Ermüdung (engl.: postactivation depression) werden die präsynaptische Transmitterverminderung und die autogene Hemmung zentral-efferenter Erregungen diskutiert (Trimble & Harp, 1998).

Die Wirkung von Ermüdungsprozessen äußert sich auf der Fähigkeitsebene beispielsweise in einer reduzierten Güte der Maximalkraft, Schnellkraft- und Schnelligkeitsfähigkeiten (vgl. Abb. 16) sowie in Mängeln bzw. Veränderungen koordinativer und psychischer Prozesse (Hakkinen, 1993).

Die Folgen einer Belastung können quantitativ oder qualitativ z. B. hinsichtlich kinematischer, dynamischer, metabolisch-physiologischer, bioelektrischer oder psychischer Parameter untersucht werden (Thorhauer, Hoffmann, Werner & Michel, 2001). Dargestellt werden schnellkraftbezogene Ermüdungswirkungen u. a. anhand veränderter Kraft-Zeit-Verläufe (vgl. Abb. 16), verminderter Kontraktionsgeschwindigkeiten (vgl. Abb. 17 A), Veränderungen des integrierten EMG-Zeit-Verlaufs (vgl. Abb. 17 B, C) oder des veränderten zeitlichen Verlaufs des EMG-Kraft-Quotienten (vgl. Abb. 17 D).

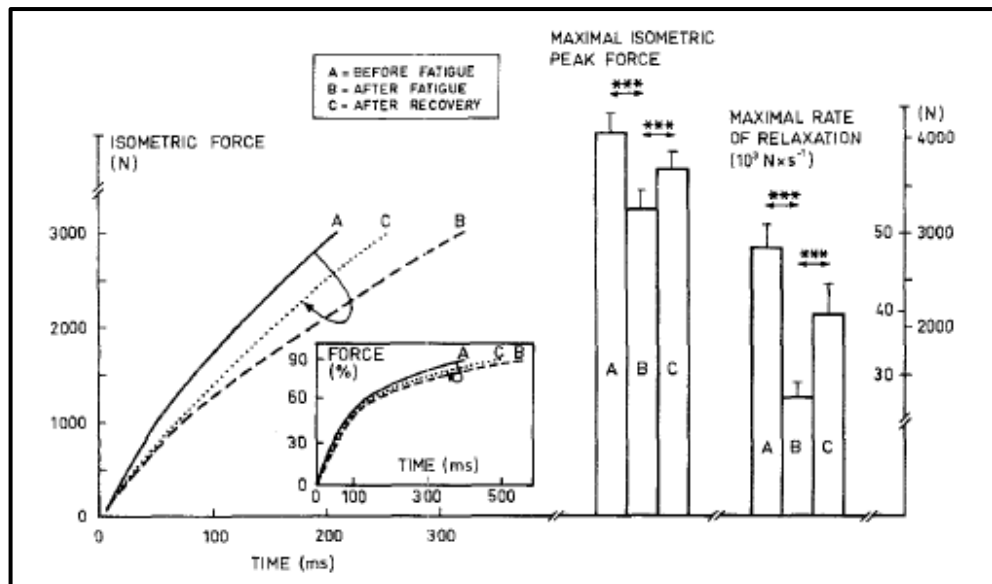


Abb. 16: Ermüdungsbedingte Abnahmen der isometrischen Maximalkraft, Explosivkraft und Entspannungsrate nach einer isometrischen Ausbelastung (ca. 36 s bei 60 % des maximalen MVC) und 3 min Pause (Hakkinen et al., 1986, S. 591)

Weitere Darstellungsformen betreffen ermüdungsbedingte Reduktionen von EMG-Frequenzen, maximalen Entspannungsraten, maximalen Bewegungsfrequenzen, Flughöhen/ Flugzeiten oder verlängerten Bodenkontaktzeiten beim DJ (Hakkinen, 1993; Marshall, Robbins, Wrightson & Siegler, 2011; Pereira et al., 2009; Thorhauer et al., 2001). Einars und Müller-Limmroth (1980) stellten diesbezüglich ermüdungsbedingt erhöhte EMG-Aktivitäten fest und führten diese auf Kompensationsmechanismen (u. a. erhöhte Frequenzierung/ Rekrutierung/ Synchronisation motorischer Einheiten) in Folge reduzierter Durchblutung und erschöpfter Energiereserven zurück. Andererseits diagnostizierte Hakkinen (1993) ermüdungsbedingt reduzierte EMG-Aktivitäten und begründete dies mit einer Abnahme der Entladungsfrequenzen aufgrund einer verminderten Erregbarkeit der α -Motoneurone und neuromuskulären Einschränkungen der Erregungsleitung. Da die α -Motoneurone der motorischen Vorderhornzellen als Schaltzentrale für die Weitergabe efferenter Impulse und afferenter Reflexeinflüsse fungieren, bestimmt u. a. deren Nettomembranpotential die Entladungsmuster und somit die muskuläre Aktivität. Diese Komplexität kann folglich divergierende Befunde verursachen. Die widersprüchlichen Ergebnisse betreffen auch diagnostizierte Erhöhungen oder Verminderungen von Gelenksteifigkeiten (Putz-Andersen & Türck-Noack, 2001; Seyfarth, Günther & Blickhan, 2001). Diesbezüglich erklären Wick und Scheibe (1992), dass eine Kraftleistung gegen die Ermüdung zunächst durch eine erhöhte Ansteuerung ausgeglichen wird, bevor auch diese nicht mehr kompensiert werden kann. Allerdings besteht auch die Möglichkeit, dass sich Ermüdungsprozesse aufgrund interner metabolischer Veränderungen nicht in einem Kraftverlust äußern, da diese u. U. von erhöhten Willensanstrengungen kompensiert werden (Chaouachi et al., 2011). Weiterhin besteht die Möglichkeit, dass Potenzierungseffekte die Ermüdungsprozesse ausgleichen bzw. während der Diagnostik verdecken.

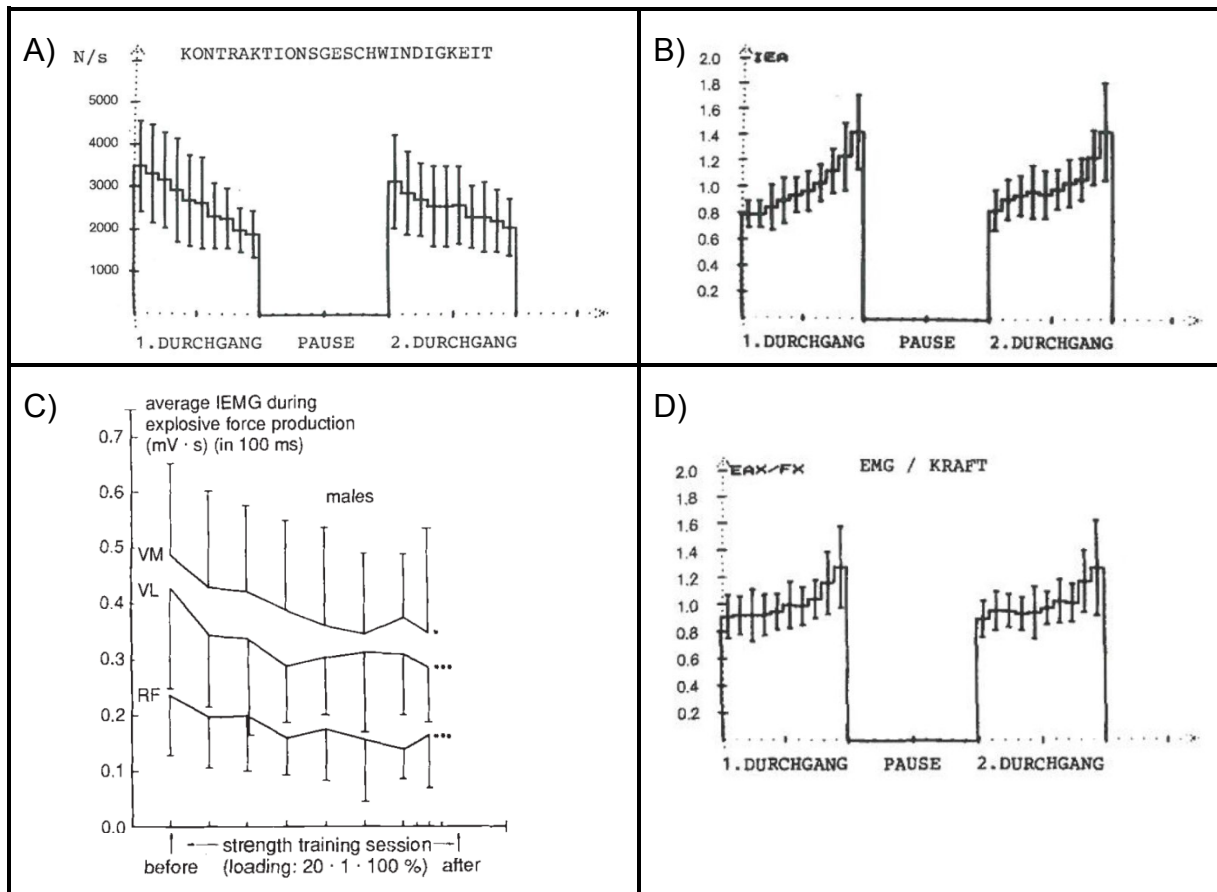


Abb. 17: Ermüdungsbedingte Veränderungen ausgewählter Parameter (IEA: integrierte EMG-Aktivität, EAX/ FX: maximale EMG-Amplitude/ maximale Kraftamplitude) nach ermüdungsinduzierenden Belastungen der Fingerbeuger (A, B, D: Einars & Müller-Limmroth, 1980, S. 208, 209) und der musculi vastus medialis, vastus lateralis und rectus femoris (C: Hakkinen, 1993, S. 56)

Einflussfaktoren auf die Höhe und den Verlauf der Ermüdungsprozesse sind u. a. subjektbezogene Variablen, wie der Trainingshintergrund, das Alter, das Geschlecht und die Muskelfaserverteilung bzw. -qualität von Probanden (vgl. Abb. 18). Diesbezüglich sind beispielsweise Typ-2-Fasern empfänglicher gegenüber Ermüdungswirkungen als Typ-1-Fasern (Hakkinen & Komi, 1986). Des Weiteren beeinflussen Belastungsparameter, wie Art, Volumen/ Dauer, Intensität/ Zusatzlast, Ausführungstechnik (Bewegungsamplitude, -geschwindigkeit, etc.) und Dichte der Belastungen den Ermüdungsverlauf (Hakkinen, 1993). Die Art der Vor-, Nach- bzw. Kontrollbelastung kann die Ermüdungswirkung bzw. deren Nachweis beeinflussen, da je nach Bewegungsart verschiedene physiologische Mechanismen betroffen sein können (Fitts, 1994). Einars und Müller-Limmroth (1980) wiesen außerdem darauf hin, dass sich ermüdungsbedingt veränderte EMG-Aktivitäten im Vergleich von statischen und intermittierenden Muskelbeanspruchungen ergeben. Auch Babault, Desbrosses, Fabre, Michaut und Pousson (2006) belegten unterschiedliche Ermüdungsreaktionen zwischen dynamischen und isometrischen Belastungen. Die Autoren zeigten, dass frühzeitige Ermüdungswirkungen während dynamischer Belastungen vorrangig peripheren Ursprungs sind (z. B. Kraftabfall trotz gleicher Nervenenerregung) und eine zentrale Ermüdung später einsetzt. Im Gegensatz dazu zeigte sich ein umgekehrtes Verhältnis während isometrischer Belastungen.

In Bezug auf die Art der Nachbelastung unterscheidet sich z. B. die Beteiligung der Reflexsysteme zwischen DJ und SJ und somit der Einfluss zu Grunde liegender Mechanismen. Der akut-zeitliche Ermüdungsverlauf ist i. d. R. während oder unmittelbar nach einer Vorbelastung im Zeitraum von 10-60 s in Form von Reflexdepressionen zu dokumentieren. Intensität, Dauer und Geschwindigkeit der Muskelkontraktionen beeinflussen z. B. ermüdungsbedingte Rückgänge der Kraft und Kraftentwicklungsraten, so dass höhere Verluste nach höheren Intensitäten, verbunden mit geringeren Bewegungsgeschwindigkeiten und erhöhten Belastungsdauern (Muskelanspannungszeiten) auftreten (Linnamo et al., 1998). Bezüglich der Dichte der Belastung belegten z. B. Pereira et al. (2009) den Einfluss verschiedener Wiederholungspausen zwischen Sprüngen auf zentrale und periphere Ermüdungsparameter. Die Pausenzeiten zwischen den Muskelkontraktionen haben großen Einfluss auf diese Stoffwechselvorgänge und folglich auf die Trainingsbelastung (Jensen & Ebben, 2003). Adäquate Pausenzeiten sorgen z. B. für den effektiven Phosphagennachschub und verzögern das Eintreten von ermüdungsbedingten Leistungsabfällen (Fox, Robinson & Wiegman, 1969). So wird u. a. berichtet, dass nach Regenerationszeiten von 22 s bereits 50 %, nach 30 s ca. 70 % und nach 3-5 min ca. 100 % der Phosphate (ATP und KP) wiederhergestellt sind (Hultman, Bergstrom & Anderson, 1967). Es wird angenommen, dass neuromuskuläre und muskelzelluläre Ermüdungswirkungen in Trainingsadaptationen, wie einer verbesserten Rekrutierung oder einer stärkeren Ansammlung von Proteinen im Muskel, münden können (Marshall et al., 2011). In diesem Zusammenhang wiesen z. B. Trimble und Harp (1998) nach, dass während der Ausführung von 8 Sätzen mit 10 maximal-isokinetischer Kontraktionen, Satzpausen von 20 s ausreichen, um maximale Kontraktionen erneut zu generieren. Aus den genannten Gründen ergeben sich sowohl intraindividuelle Unterschiede zwischen verschiedenen Muskeln als auch interindividuelle Unterschiede (Trimble & Harp, 1998).

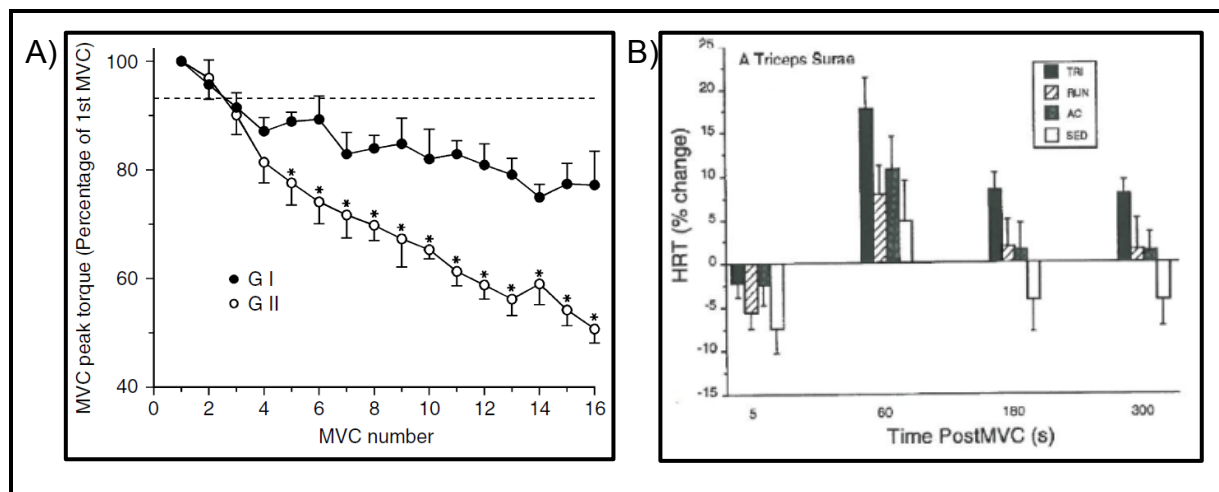


Abb. 18: Darstellung der Einflussfaktoren Muskelfaserart (A; Hamada et al., 2003, S. 169) bzw. Trainingshintergrund (B; Hamada et al., 2000b, S. 407) auf den zeitlichen Verlauf ausgewählter Parameter (A: maximales Drehmoment; B: Halbentspannungszeit) während und nach MVC-Belastungen

2.3. Trainingsmethodik im Schnellkrafttraining

2.3.1. Ausgewählte Einzelmethoden zur Steigerung von Schnellkraftleistungen der unteren Extremitäten

Die Steigerung von Schnellkraftleistungen der unteren Extremitäten (z. B. Sprungleistungen) konnte in zahlreichen Studien mit der Anwendung verschiedener Einzelmethoden nachgewiesen werden (z. B. Kraemer & Newton, 1994). Zu den Einzelmethoden gehören unter anderem das Krafttraining mit Zusatzlasten, die Elektromyostimulation (EMS) und das plyometrische Training. Diese Methoden erzeugen verschiedene akute Belastungsreaktionen und in deren Folge spezifische neuromuskuläre Adaptationen (Bax, Staes & Verhagen, 2005; Paillard, 2008; Schmidtbleicher & Haralambie, 1981; Tan, 1999). Daher ist die Gestaltung zielgerichteter Belastungen von großer Bedeutung. Es beinhaltet die genaue Auseinandersetzung mit einzelnen Belastungsfaktoren, wie Intensität, Umfang, Dichte. Die Abbildung 19 zeigt unterschiedliche Wirkungsbereiche verschiedener Trainingsmethoden anhand des Kraft-Zeit-Verlaufes eines isometrischen Maximalkrafttests.

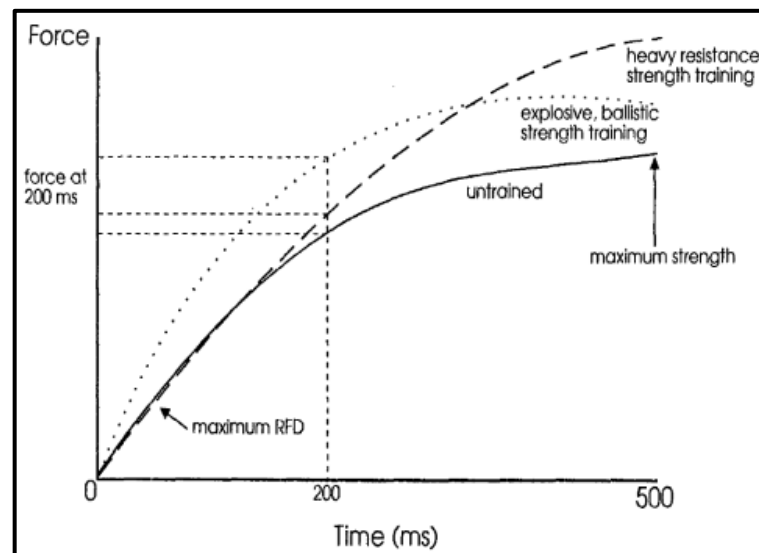


Abb. 19: Wirkungsbereiche eines Maximalkrafttrainings und eines explosiv-ballistischen Trainings im Kraft-Zeit-Verlauf eines isometrischen Maximalkrafttests (Newton & Kraemer, 1994, S. 24)

Krafttrainingsmethoden mit Zusatzlast

Das Krafttraining mit Zusatzlasten kommt in zahlreichen methodischen Erscheinungsformen zur Anwendung, wodurch u. a. Klassifizierungen/ Bezeichnungen uneinheitlich erscheinen. Sie erfolgen z. B. mit einer Orientierung am Trainingsziel (Schnellkraftmethode), an der Form der Anpassung (Hypertrophiemethode) oder am Einsatzgebiet (Bodybuilding-Methode; Schmidtbleicher, 1985). Die Betrachtungen im Folgenden beschränken sich auf Methodenvarianten, bei denen positive Effekte auf die Schnellkraftfähigkeiten der unteren Extremitäten nachgewiesen wurden. Diese schließen auch ausgewählte Methoden zur Maximalkraftsteigerung ein, da die Maximalkraftfähigkeit als Grundlage und indirekte Verbesserungsmöglichkeit für

Schnellkraftfähigkeiten dient (Tan, 1999). Dies wird z. B. durch die positive Korrelation zwischen maximaler Kniebeugekraft und Sprint- sowie Sprungleistungen bei Leistungssportlern begründet (Wisloff, Castagna, Helgerud, Jones & Hoff, 2004).

Zahlreiche Studien zeigten Verbesserungen von Sprungleistungen nach einem Krafttraining mit Zusatzlasten (z. B. Rahimi & Dehpur, 2005; Wirth et al., 2007). Dabei rangierten die Steigerungsraten zwischen 2-8 cm bzw. 5-15 % in Abhängigkeit von verschiedenen **Einflussfaktoren** (Fatouros et al., 2000; Fröhlich, Links & Pieter, 2012). In Bezug auf die Empfehlung einer optimalen Trainingslast ist die Befundlage als heterogen zu bezeichnen (Cronin & Hansen, 2005). Hinsichtlich der Höhe der Zusatzlasten für eine Schnellkraftsteigerung zeigten sich geringere Zusatzgewichte mit höheren Bewegungsgeschwindigkeiten und Kraftanstiegen effektiver als höhere Lasten mit geringerer Explosivität (Hakkinen, Komi & Alen, 1985; Wilson et al., 1993). Andererseits verstärkt eine hohe Trainingsintensität aufgrund hoher Lasten (> 80 % des EWM) die neuromuskuläre Aktivierung v. a. von Typ-2-Fasern und somit den Trainingsstimulus (Hakkinen et al., 1985; Schmidbleicher & Haralambie, 1981). Demzufolge - und unter Berücksichtigung der Kraft/ Last-Geschwindigkeits-Beziehung der Muskulatur (vgl. Abb. 4 A) - sind die Variablen Zusatzlast und Bewegungsgeschwindigkeit gemeinsam zu betrachten und zielgerichtet für spezifische Adaptationen anzuwenden (Kraemer & Newton, 1994). Behm und Sale (1993) weisen in diesem Zusammenhang außerdem auf die höhere Bedeutung der Intension der explosiven Bewegungsausführung im Vergleich zur tatsächlich realisierten Bewegungsgeschwindigkeit hin (psychophysischer Zusammenhang).

Adaptationen in Folge eines Krafttrainings können zentrale und periphere morphologische, metabolische und neuronale Veränderungen betreffen (Folland & Williams, 2007; Tan, 1999). Zu den frühzeitig auftretenden Trainingseffekten gehören neuronale Anpassungen, wie z. B. eine verbesserte intermuskuläre Koordination zwischen Agonisten und Antagonisten, die u. a. auf einer verstärkten reziproken Hemmung der Antagonisten basieren kann (Baker & Newton, 2005). Weiterhin können neuronale Anpassungen die Aktivierungsfähigkeit verbessern, bezogen auf die Anzahl mobiler Muskelfasern (synchrone Ansteuerung) oder die Höhe der Innervationsfrequenz und deren zeitlichen Verlauf (Sale, 1992). Auf peripherer Ebene können Veränderungen der sensorischen Rezeptoren (z. B. Golgi-Sehnenorgan) zu einer Enthemmung der Kraftentfaltung beitragen (Gabriel, Kamen & Frost, 2006). Zu den später auftretenden morphologischen Adaptationen gehört u. a. die Vergrößerung des Muskels bzw. Muskelfaserquerschnitts auf Basis der Aktivierung von Satellitenzellen und deren Proliferation und Verschmelzung mit existierenden Muskelfasern (Folland & Williams, 2007). Weitere morphologische Anpassungen können aufgrund von Hyperplasie, Veränderungen der Muskelfaserstruktur, der Muskelarchitektur, der Dichte der Myofilamente oder der Struktur der Bindegewebe und Sehnen auftreten (Tan, 1999). Zu den metabolischen Veränderungen zählen z. B. Abweichungen des Hormonstatus, der Phosphat- und Glykogenspeicherkapazität und der Stoffwechselprozesse (Glykolyse, Citratzyklus). Zur Verbesserung der Maximalkraftfähigkeit werden zum einen **Trainingsmethoden** empfohlen, die eine Vergrößerung des Muskels bzw. Muskelfaserquerschnittes verursachen (vgl. Tab. 1). Zum anderen werden Methoden

zur Verbesserung der inter- und intramuskulären Koordination bzw. willkürlichen Aktivierungsfähigkeit eingesetzt (vgl. Tab. 2).

Tab. 1: *Hypertrophiemethoden der wiederholten submaximalen Kontraktionen (aus Grosser et al., 2008, S. 69; nach Schmittbleicher, 1985)*

Methode/ Belastungs- faktoren	Standardmethode 1 (konstante Last)	Standardmethode 2 (ansteigende Last)	Bodybuilding- methode 1 (extensiv)	Bodybuilding- methode 2 (intensiv)
Intensität (%)	80	70, 80, 85, 90	60-70	85-95
Wiederholungen	8-10	12, 10, 7, 5	15-20	8-5
Sätze	3-5	1, 2, 3, 4	3-5	3-5
Pause (min)	3-5	5	2-3	3-5

Tab. 2: *Methoden der kurzzeitigen maximalen Kontraktionen zur Verbesserung der willkürlichen Aktivierungsfähigkeit (Bührlé, 1985, S. 98)*

Methode/ Ziele Belastungs- faktoren	Maximale Kontraktionen (konzentrisch)	Submaximale Kontraktionen (konzentrisch)	Maximale Kontraktionen (exzentrisch)	Maximale Kontraktionen (isometrisch)
Intensität (%)	100	90, 95, 97, 100	140-180	100
Wiederholungen	1	4, 3, 1-2, 1	3	2 á 2-3 sek.
Sätze	5	2, 2, 2, 2	5	5
Pause (min)	3-5	3-5	3	3

Anhand einer metaanalytischen Betrachtung zeigen Fröhlich et al. (2012), dass erhöhte Maximalkraftsteigerungen auftreten, wenn periodisierte Trainingsinterventionen länger als zwölf Wochen mit mehr als 36 Trainingseinheiten (3-4 TE pro Woche) und mindestens drei Sätzen pro Muskelgruppe durchgeführt werden. Weiterhin wird darauf verwiesen, dass Untrainierte aufgrund größerer Adaptationsreserven erhöhte Steigerungen der Maximalkraft erreichen und bei Leistungssportlern erhöhte, veränderte bzw. neuartige Krafttrainingsreize erforderlich sind. Zur direkten Verbesserung der Schnellkraftfähigkeiten werden u. a. folgende Einzelmethoden eingesetzt (vgl. Tab. 3).

In Folge derartiger, mehrwöchiger Trainingsinterventionen wurden Steigerungen der isometrischen und dynamischen Maximalkraft sowie der Schnellkraftfähigkeiten nachgewiesen (Bührlé, 1985; Wirth et al., 2007). Diesbezüglich ermittelten Cormie et al. (2009) signifikante Veränderungen ausgewählter Parameter während des CMJ nach einem 12-wöchigen Schnellkrafttraining (vgl. Abb. 20).

Tab. 3: Trainingsmethoden zur Schnellkraftentwicklung (Grosser et al., 2008, S. 74, 75)

Methode/ Belastungs- faktoren	Methode der explosiv- ballistischen Kraftein- sätze bzw. Schnell- kraftmethode (konzentrisch)	Methode der maxi- malen Kraftleistung bzw. Muskel- leistungsmethode (konzentrisch)	Kontrast- methode (konzent- risch)	Negativ- methode (exzentrisch)
Last (%)	20-40	55-60 %	100 % bzw. 30-40 %	60-80 %
Wiederholungen	4-8	4-8	5-7	keine Angabe
Sätze	3-5	4-5	6-8	5-9
Satzpausen (min)	3-5	3-5	3-5	3

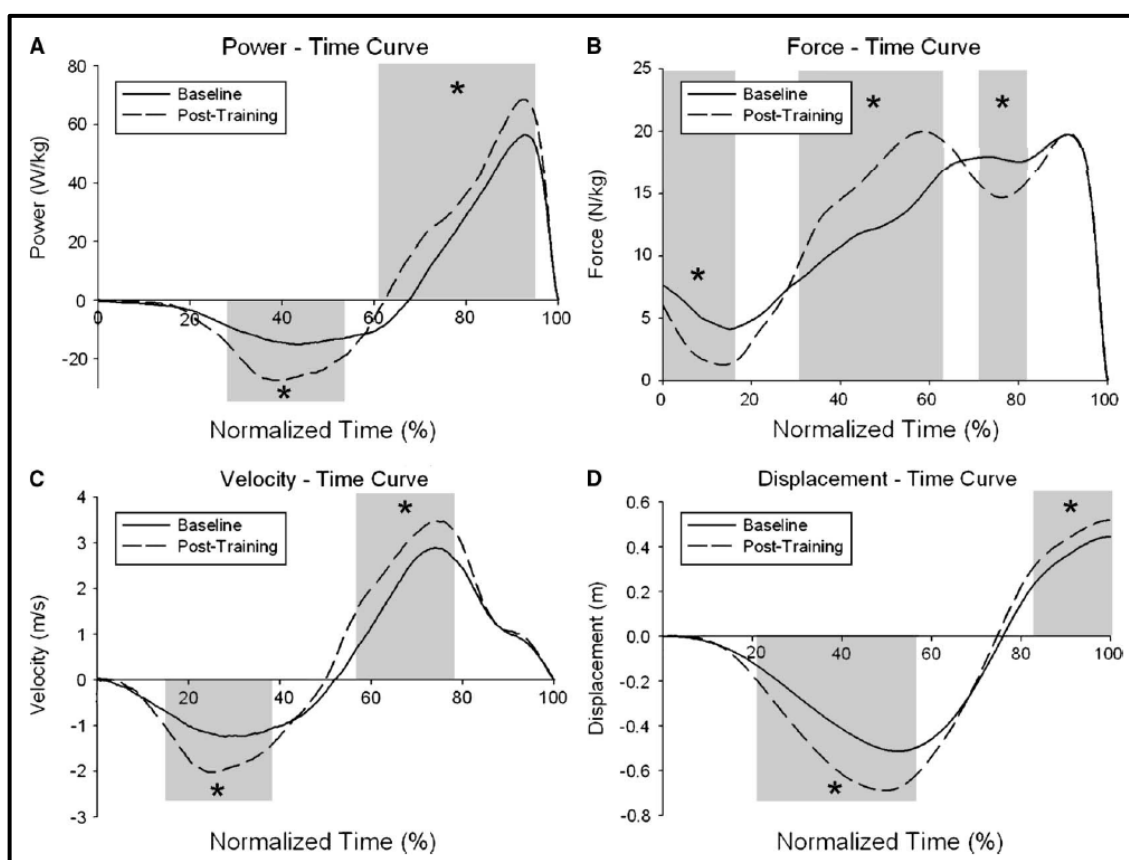


Abb. 20: Veränderungen ausgewählter Parameter während des CMJ nach einem 12-wöchigen Schnellkrafttraining (Cormie et al., 2009, S. 183)

Elektromyostimulation

Die Elektrostimulation ist ein Verfahren, bei dem die Muskelkontraktion unwillkürlich mit der elektrischen Reizung der intramuskulären Nervenzellen und/ oder Muskelzellen erfolgt (Lake, 1992). Dabei ist die Reizschwelle eines Axons im Vergleich zur Muskelfaser ca. 20-fach niedriger (Hultman, Sjöholm, Jäderholm-Ek & Krynicki, 1983). Die Elektromyostimulation wurde als Trainingsintervention ursprünglich im Anwendungsgebiet der Rehabilitation (Hainaut & Duchateau, 1992; Selkowitz, 1985)

eingesetzt und resultierte z. B. in Verbesserungen der isometrischen Kraft des m. quadriceps femoris nach Knieoperationen (Pichon, Chatard, Martin & Cometti, 1995). Die Anwendung an gesunden Sportlern erfolgte erstmals durch Koz in der ehemaligen UDSSR (Koz, 1971; Koz & Chwilon, 1971; Michel, 2003). Seitdem gab es zahlreiche Studien, die das EMS-Training im Anwendungsfeld des Breiten- und Leistungssports untersuchten (Babault, Cometti, Bernardin, Pousson & Chatard, 2007; Brocherie, Babault, Cometti, Maffiuletti & Chatard, 2005; Delitto, Brown, Strube, Rose & Lehman, 1989).

Bezogen auf die Anwendung der EMS kann zwischen einer direkten EMS (z. B. mit implantierten Elektroden) oder einer indirekten EMS (z. B. mit Oberflächenelektroden), unterschieden werden. Außerdem kann die EMS lokal (Stimulation einzelner Muskeln bzw. Muskelgruppen) und global (z. B. Ganzkörpertraining durch EMS-Anzug) eingesetzt werden. Die Anwendungs- bzw. Stimulationsart kann isometrisch oder dynamisch erfolgen (Filipovic, Kleinoder, Dormann & Mester, 2011).

Wird das EMS-Verfahren im Sinne einer Trainingsmethode angewendet, können strukturelle und physiologische **Adaptationen** in verschiedenen Bereichen (Muskeln, Sehnen, Nerven, ZNS, etc.) ausgelöst und fähigkeitsbedingte Wirkungen erreicht werden (Eriksson, Haggmark, Kiessling & Karlsson, 1981). In verschiedenen Studien konnten z. B. erhöhte Maximal- und Schnellkraftleistungen nachgewiesen werden (z. B. Maffiuletti, Pensini & Martin, 2002). Dies erfolgte aufgrund einer erhöhten Muskelmasse bzw. eines vergrößerten Muskel- und Faserquerschnitts (Cabric, Appell & Resic, 1987; Gondin, Guede, Ballay & Martin, 2005) und/ oder einer verstärkten Muskelaktivierung (Gondin et al., 2005). Außerdem wurden Effekte des EMS-Trainings hinsichtlich der Muskelphysiologie (Selkowitz, 1985) und Veränderungen des Muskelfasertypus nachgewiesen (Munsat, McNeal & Waters, 1976; Perez et al., 2002). Weiterhin wurden Verbesserungen der Start- und Explosivkraft (Filipovic, Kleinoder, Dormann & Mester, 2012; Mester, Nowak, Schmithüsen, Kleinöder & Speicher, 2009) während der Ausführung sporttechnischer Fertigkeiten unter Beteiligung der beinstreckenden Muskulatur festgestellt, wie beispielsweise bei Vertikalsprüngen bis zu 25 % und bei Sprintzeiten bis ca. 5 % (Herrero et al., 2010; Sanchez, Puche & Gonzalez-Badillo, 2005). Zudem weisen die von EMS hervorgerufenen Leistungssteigerungen eine Nachwirkungszeit von bis zu fünf Wochen auf (Pailard, 2008) und eignen sich somit für den Einsatz in leistungssportlichen Vorbereitungsperioden. Dennoch ist die Befundlage zu trainingsbedingten Leistungssteigerungen nach einem EMS-Training als heterogen zu bezeichnen (Herrero, Izquierdo, Maffiuletti & Garcia-Lopez, 2006). So gibt es Studien, die Steigerungen der Maximalkraft der unteren Extremitäten von bis zu 44 % zeigten (Duchateau & Hainaut, 1988; Maffiuletti et al., 2000; Martin, Cometti, Pousson & Morlon, 1993; Sanchez et al., 2005). Andererseits gibt es Untersuchungen, die keine Veränderungen feststellten (Owens & Malone, 1983; Rich, 1992). In einer Studie wurden sogar Leistungsrückgänge diagnostiziert (St. Pierre, Taylor, Lavoie, Sellers & Kots, 1986).

Diese heterogene Befundlage ist u. a. mit verschiedenen **Einflussfaktoren** (Brocherie et al., 2005), wie z. B. die Anzahl und Dauer der Trainingseinheiten, die eingesetzten Testverfahren, die Stimulationsart (Frequenz, Impulsdauer, etc.), der Pro-

bandenstatus und die untersuchte Muskelgruppe zu erklären (Maffiuletti et al., 2000; Pichon et al., 1995). So wurden u. a. der m. quadriceps femoris (Selkowitz, 1985), der m. rectus femoris (Michel, 2003), der m. triceps surae (Martin et al., 1993), der m. gastrocnemius (Gerber et al., 1979), der m. latissimus dorsi (Pichon et al., 1995) und der m. biceps brachii (Colson, Martin & Van Hoecke, 2000) analysiert.

Malatesta, Cattaneo, Dugnani und Maffiuletti (2003) untersuchten die Wirkung des EMS-Trainings in einer Gruppe von Volleyballspielern mit dem Ziel der Sprungkraftverbesserung. Die Autoren objektivierte Steigerungen der Parameter „mittlere Sprunghöhe“ und „mechanische Leistung“ von ca. 4 % während eines 15 s-Sprungtestes (CMJ) nach einer 4-wöchigen Trainingsphase. Zudem konnten nach weiteren zehn Tagen mit sportartspezifischem Training Steigerungen der maximalen Sprunghöhe von 5-6 % beobachtet werden. Außerdem diagnostizierten Herrero et al. (2006) Verschlechterungen im Sprint (2,4 %), Verbesserungen in der isometrischen Maximalkraft (9,1 %) und Vergrößerungen des Muskelquerschnitts (9,0 %) nach einem 4-wöchigen EMS-Training (16 TE) mit Sportstudenten. Die Autoren stellten allerdings keine Steigerungen der Sprunghöhen im SJ und CMJ fest. Daher ist zu schlussfolgern, dass neben dem EMS-Trainingsreiz auch ein plyometrisches bzw. sportartspezifisches Training zu empfehlen ist, um spezifische Verbesserungen von Sprungleistungen zu erreichen.

Als **Nachteil** der EMS-Methode verweist auch Paillard (2008) darauf, dass die EMS nicht die spezifische Koordination zwischen agonistischer und antagonistischer Muskulatur verbessern kann, um Kraftsteigerungen in komplexe sportartspezifische Sprunghöhensteigerungen überführen zu können (Transfer). Wissenschaftler betonen die Notwendigkeit der Kombination der EMS mit sprung- bzw. sportartspezifischen Fertigkeiten (Bobbert & Van Soest, 1994; Brocherie et al., 2005; Herrero et al., 2010; Maffiuletti, Dugnani, Folz, Di Pierno & Mauro, 2002). Dies wird besonders deutlich, wenn man die beiden Untersuchungen von Maffiuletti et al. (2000) und Brocherie et al. (2005) gegenüberstellt. In beiden Analysen wurden signifikante isokinetische Leistungssteigerungen während verschiedener Geschwindigkeiten festgestellt. Allerdings erreichten die Basketballspieler in der Studie von Maffiuletti et al. (2000) Sprunghöhensteigerungen, wohingegen die Eishockeyspieler der Studie von Brocherie et al. (2005) keine Sprunghöhensteigerungen, aber spezifische Leistungssteigerungen im Eislaufsprint aufwiesen. Ein weiterer Nachteil der EMS-Trainingsmethode besteht darin, dass eine eventuelle Erhöhung der Verletzungsgefahr in Folge der Hemmung von Schutzmechanismen, wie z. B. des Muskeldehnungsreflexes und des Golgi-Sehnenorgans vorliegen kann (Benito-Martinez, Lara-Sanchez, Berdejo-DelFreso & Martinez-Lopez, 2011). Andererseits wird gerade dieser Sachverhalt als Grund für die Effektivität von EMS-Trainingsreizen im Vergleich zu willkürlichen Krafttrainingsreizen gesehen, da durch fehlende hemmende Einflüsse die Kontraktionsintensität höher sein kann und Adaptationen ausgelöst werden können (Delitto et al., 1989; Miller & Thepaut-Mathieu, 1993; Ruther, Golden, Harris & Dudley, 1995).

Bezogen auf die **Belastungsgestaltung** des EMS-Trainings ist die Beschreibung des EMS-Reizes durch die von Lake (1992) empfohlenen Parameter vorzunehmen. So wurden z. B. dreimal wöchentlich 20-22 Stimulationen der Knieextensoren und

Plantarflexoren für ca. 12 min durchgeführt (Malatesta et al., 2003). Dabei erfolgte die Reizsetzung mit biphasisch-rechteckigen Impulsen, einer Impulsdauer von 400 μ s, einer Impulsfrequenz von 105 bis 120 Hz und maximal tolerierten Amplituden von 60-100 mA. Während der Objektivierung von Trainingswirkungen zeigte sich, dass der Probandenstatus und die Art des Tests einen Einfluss auf den Leistungsoutput haben (Hainaut & Duchateau, 1992; Lake, 1992). Tabelle 4 zeigt ausgewählte EMS-Trainingsstudien mit leistungssportlich trainierenden Probandengruppen.

Tab. 4: Ausgewählte EMS-Trainingsstudien mit leistungssportlich trainierenden Probandengruppen

Studie	Probanden und Umfang der Studie	EMS-Parameter	Ergebnisse
Pichon et al. (1995)	Leistungssportler (Schwimmer), 3 Wochen (9 TE je 12 min), zusätzlich: 5 x 90 min sportartspezifisches Training/ Woche	m. latissimus dorsi: 80 Hz, 300 μ s, 6 s Anspannung, 20 s Pause (duty cycle: 23 %), 27 Kontraktionen pro TE, ca. 60 % des MVC	signifikante Maximalkraftsteigerungen: Exzentrik: 24,1 % (-60 °/s) Isometrik: 21,0 % Konzentrik: 10,3 % (180 °/s), 14,7 % (360 °/s)
Maffiuletti et al. (2000)	Leistungsorientierte Basketballspieler (2. französische Liga), 4 Wochen (12 TE je 16 min), zusätzlich: 5 x 90 min sportartspezifisches Training/ Woche	m. vastus lateralis und medialis: 100 Hz, 400 μ s, 3 s Anspannung, 17 s Pause (duty cycle: 15 %), 48 Kontraktionen pro TE, ca. 80 % des MVC	signifikante Maximalkraftsteigerungen: Exzentrik: 29 % (-120 °/s), 37 % (-60 °/s); Konzentrik: 43 % (360 °/s), 36 % (300 °/s), 30 % (240 °/s), 32 % (180 °/s) SJ (6,2 cm = 14 %), CMJ (9,2 cm = 17 % nach weiteren 4 Wochen)
Broche-rie et al. (2005)	Leistungsorientierte Eishockeyspieler (2. französische Liga), 3 Wochen (9 TE je 12 min), zusätzlich: 3 x 90 min sportartspezifisches Training/ Woche	m. vastus lateralis und medialis: 85 Hz, 250 μ s, 4 s Anspannung, 20 s Pause (duty cycle: 16,7 %), 30 Kontraktionen pro TE, ca. 60 % des MVC	signifikante Maximalkraftsteigerungen: Exzentrik: 37 % (-120 °/s), 24 % (-60 °/s), Konzentrik: 41 % (60 °/s), 49 % (300 °/s), SJ (-8 %), CMJ (-6 %), DJ (-5 %) Eislaufsprintzeit (-5 %)
Malatesta et al. (2003)	Leistungsorientierte Volleyballer (italienisches Regionalliganniveau), 4 Wochen (12 TE je 12 min), zusätzlich: 3 x 120 min sportartspezifisches Training/ Woche	m. vastus lateralis und medialis, m. gastrocnemius lateralis und medialis: 105-120 Hz, 400 μ s, 4,25 s Anspannung, 29-34 s Pause (duty cycle: 11-13 %), 22 Kontraktionen pro TE, 60-100 mA; EMS + isometrische Halbkniebeuge	15-CMJ: 4 % Nach 10 Tagen: SJ (7 %), CMJ (5 %), 15-CMJ (5 %)

Babault et al. (2007)	Leistungssportliche Rugbyspieler (1. + 2. französische Liga), 12 Wochen (24 TE je 12 min); zusätzlich: 5 x 120 min sportartspezifisches Training/ Woche	m. vastus lateralis und medialis, m. gastrocnemius lateralis und medialis, m. gluteus maximus: 100 Hz, 400 μ s, 5 s Anspannung, 15 s Pause (duty cycle: 25 %), 36 Kontraktionen pro TE, ca. 60 % des MVC	signifikante Maximalkraftsteigerungen: Exzentrik: 18 % (-120°/s), Konzentrik: 19 % (120 °/s), 10 % (240 °/s), SJ: 10 %, DJ: 7 % Kniebeugekraft: 8 % (6. Woche), 15 %
Maffiuletti et al. (2009)	Leistungssportliche Tennisspieler (nationales und internationales Niveau), 3 Wochen (9 TE, je 10 min)	m. vastus lateralis und medialis: 85 Hz, 400 μ s, 4 s Anspannung, 25 s Pause (duty cycle: 14 %), 20 Kontraktionen pro TE, ca. 60 % des MVC	Sprint: -3,3 % (nach 3 Wochen) CMJ: 6,4 % (nach 3 Wochen) 6 DJ und SJ: n.s.

Bezogen auf die **Parametereinstellungen** werden i. d. R. hohe bis maximal tolerierbare Intensitäten (60-200 mA, 5-112 % MVC), Frequenzen zwischen 50-150 Hz und Impulsdauern von 100-500 μ s verwendet, um wirksame Trainingsreize zu erzeugen (Bobbert & Van Soest, 1994; Filipovic et al., 2011; Malatesta et al., 2003). Diesbezüglich weisen Hultman et al. (1983) darauf hin, dass mit einer geringen Frequenz von 20 Hz nur 70 % des MVC und vorrangig Typ-1-Fasern (slow-twitch) erreicht werden, während mit 50 Hz bis zu 100 % des MVC und vor allem Typ-2-Fasern (fast-twitch) erreicht werden. Außerdem werden mit längeren Impulsdauern (ca. 500 μ s) stärkere Kontraktionen generiert. In diesem Zusammenhang stellten Miller und Thepaut-Mathieu (1993) außerdem fest, dass der Parameter der elektrisch evozierten Kontraktionsintensität (angegeben in Prozent des MVC) in direktem Zusammenhang mit Kraftgewinnen steht. Sie betonen außerdem die Bedeutung der individuellen Fähigkeit hohe Intensitäten zu tolerieren (Lake, 1992), was von Maffiuletti et al. (2009) mit einer hochsignifikanten Korrelation zwischen Impulsamplitude und Kraftentfaltung indirekt bestätigt wurde. Außerdem wird eine minimale Intensität von ca. 30 % des MVC benötigt, um Kraftgewinne auszulösen. Aufgrund von Gewöhnungseffekten sollte die Intensität kontinuierlich im Training gesteigert werden. Die auftretenden Schmerzwahrnehmungen sind dabei individuell und werden vom Gewebewiderstand (u. a. muskelabhängig) der Hautschichten und vom Unterhautfettgewebe beeinflusst.

Die zitierten Studien (vgl. Tab. 4) variieren hinsichtlich verschiedener Parameter (Filipovic et al., 2011). Dies betrifft z. B. den Belastungs-Erholungs-Zyklus (engl.: duty-cycle; 7-35 %), der sich aus den Anspannungs- (3-6 s) und Entspannungszeiten (15-34 s) ergibt. Edel (1988) verweist dabei auf die regenerative Bedeutung der Entspannungszeit (engl. off-phase) und empfiehlt ein Verhältnis von 1:1 bis 1:5 zwischen An- und Entspannungszeit, damit nicht zu schnell und zu stark Ermüdungsprozesse ausgelöst werden. Unterschiede zwischen den Studien ergeben sich außerdem durch die Veränderung der Einflussfaktoren Gesamttrainingsumfang (3-12 Wochen, 9-24 TE, je 10-16 min, 20-48 Kontraktionen), Trainingsfrequenz (zwei- bis dreimal pro Woche), Auf- und Abstiegszeiten der Impulse, Anzahl/ Größe und Plat-

zierung von Elektroden sowie Impulsform und Impulsart (dreieckig, rechteckig, quadratisch, sinus; symmetrisch, asymmetrisch; monophasisch, biphasisch, intervallartig).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die meisten Studien biphasische, vier- bzw. rechteckige Impulsarten und -formen verwendeten, die im Durchschnitt mit 300 μ s, 80 Hz und 65 mA appliziert wurden. Diese wurden durchschnittlich über 4 Wochen, dreimal pro Woche, 18 min pro TE mit 6 s An- und 20 s Entspannung (20 % duty cycle) angewendet. Aufgrund der Vielzahl an Faktoren ergibt sich eine Kombinationsvielfalt und ein Bedarf an zukünftigen Studien, die systematisch die Effektivität verschiedener EMS-Programme miteinander vergleichen (Filipovic et al., 2011; Paillard, 2008).

Die **Wirkursachen** der EMS können sowohl in Veränderungen der spinalen und supraspinalen Impulsgebung (verstärkte Agonisten- und reduzierte Antagonistenaktivierung) als auch auf peripherer Ebene lokalisiert werden (Colson et al., 2000; Jubeau, Zory, Gondin, Martin & Maffiuletti, 2006). Als Wirkursachen auf peripherer Ebene werden vor allem neuronale und muskuläre Adaptationen im Bereich der FT-Muskelfasern angenommen (Maffiuletti et al., 2000; Pichon et al., 1995; Thorstenson, Grimby & Karlsson, 1976). Diese Annahme beruht darauf, dass große motorische Einheiten während der EMS insbesondere bei hohen Stimulationsintensitäten aktiviert werden und bei geringen Kontraktionsstärken zusätzlich zu den kleinen (langsamen) motorischen Einheiten mobilisiert werden (Cabric et al., 1987; Seyri & Maffiuletti, 2011). Dies begründet sich in der umgekehrten bzw. veränderten Rekrutierung im Vergleich zum Hennemannschen Größenordnungsprinzips (Enoka, 1988; Feiereisen, Duchateau & Hainaut, 1997). Im Unterschied zu Willküraktivierungen, bei denen zunächst die kleineren motorischen Einheiten der Typ-1-Fasern rekrutiert werden (Gollnick, Karlsson, Piehl & Saltin, 1974), werden somit bei der EMS sofort die oberflächlich liegenden Typ-2-Fasern angesprochen (Lexell, Henriksson-Larsen & Sjostrom, 1983). Dabei spielt unter anderem der Durchmesser des Axons eine Rolle, da der Eingangswiderstand eines Axons umgekehrt proportional zu seinem Durchmesser ist (Solomonow, 1984). Dies bedeutet, dass von den EMS der efferenten Axone die großen Motoneurone, im Gegensatz zu Willkürbewegungen, leichter depolarisieren und somit früher und schneller aktiviert werden (Knaflitz, Merletti & De Luca, 1990). Des Weiteren spielt der Abstand zwischen Stimulationselektrode und Nervenfasern eine Rolle. Da die Motoneuronen mit großem Durchmesser oftmals oberflächlicher und näher an der Elektrode liegen (Lexell et al., 1983), ist eine selektive Wirkung des EMS-Reizes wahrscheinlich. In diesem Zusammenhang zeigten Cabric et al. (1987) mit ihren Ergebnissen höhere Kraftgewinne von größeren und schnelleren motorischen Einheiten, die im Vergleich zu den kleineren und langsameren motorischen Einheiten normalerweise eine höhere Reizschwelle aufweisen.

Außerdem kann die Aktivierung sensorischer Schmerzrezeptoren und somit afferenter Impulse einen Einfluss auf die veränderte Rekrutierungsreihenfolge ausüben (Marqueste et al., 2010). Van Zandwijk, Bobbert, Munneke und Pas (2000) schätzen diesen Einfluss jedoch, aufgrund der geringen Ausführungszeit und ZNS-Programmsteuerung bei z. B. Vertikalsprüngen, als gering ein. Dennoch wiesen Trimble und Harp (1998) nach, dass eine Rezeptorstimulation aktivierende Afferen-

zen in fast-twitch Motoneuronen und hemmende Afferenzen in slow-twitch Motoneuronen auslöst. Des Weiteren erzeugt die EMS gegenüber der Willküraktivierung eine extern bzw. künstlich hergestellte und synchronere Aktivierung der motorischen Einheiten (Trimble & Harp, 1998). Andererseits kann die resultierende Krafftentfaltung aufgrund der Schmerzwahrnehmung bei der EMS (Hainaut & Duchateau, 1992) und der Synergistentätigkeit während willkürlicher Bewegungen letzten Endes bei Willkürbewegungen größer sein (Bax et al., 2005). Außerdem wird während der EMS-Trainingszeit eine konstantere Entladungsfrequenz der gleichen motorischen Einheiten provoziert. Zudem werden i. d. R. höhere Frequenzen mit dem Ziel der tetanischen Innervation von Muskelfasern eingesetzt, die auch die schnellsten motorischen Einheiten mit einbeziehen können. Eine synchronere und lokalere Aktivierung durch EMS löst höhere lokale Ermüdungsprozesse aus - im Vergleich zu Willkürkontraktionen, bei denen sich aufgrund einer veränderten Rekrutierungsreihenfolge Ermüdungsprozesse „verteilen“ (Sanchez et al., 2005).

Dennoch muss darauf hingewiesen werden, dass es auch Wissenschaftler gibt, die den Einfluss einer umgekehrten bzw. veränderten Rekrutierungsreihenfolge relativieren (Feiereisen et al., 1997; Knaflitz et al., 1990). Diese Autoren führen als Gegenargument einerseits die verschiedenen Größen von efferenten Nervenbahnen an, wobei terminale Nervenenden „schneller“ motorischer Einheiten mitunter kleiner sein können als die „kleineren“ motorischer Einheiten von slow-twitch Fasern. Andererseits betreffen die Gegenargumente auch den Ort und die Orientierung des Ursprungsaxons sowie diejenigen Nervenbahnen, die sich innerhalb des Spannungsfeldes der Stimulation befinden. Da oberflächliche Nervenbahnen eher rekrutieren als tiefer im Muskel gelegene, kann die frühere Aktivierung sowohl Typ-1- als auch Typ-2-Muskelfasern betreffen und von Muskelgruppe zu Muskelgruppe variieren (Sanchez et al., 2005). Gregory und Bickel (2005) verweisen in diesem Zusammenhang auch auf die Unterschiede zwischen einer direkten EMS mit implantierten Elektroden (z. B. kein Hautwiderstand, kein Unterhautfettgewebe, etc.), die ggf. eine umgekehrte Rekrutierungsfolge auslösen kann und einer indirekten bzw. oberflächlichen EMS-Applikation, die eher zu einer veränderten Reihenfolge führt. Daher sprechen diese Autoren von einer nicht-selektiven, räumlich festgelegten und zeitlich synchronen Rekrutierung mit Oberflächen-EMS, die eine höhere Muskelermüdung als Willkürkontraktionen auslöst und somit zu spezifischen Anpassungen führt (Seyri & Maffiuletti, 2011).

Auch im Bereich der **Stoffwechselbeanspruchung** gibt es Unterschiede zwischen der Muskelaktivierung mit EMS und der willkürlichen Aktivierung. Einige Autoren verweisen auf eine höhere Stoffwechselbelastung mit EMS, objektiviert mit Parametern, wie z. B. einem höheren bzw. schnelleren ATP-Umsatz, einer stärkeren PCr- und Glykogenabnahme, einer intrazellulären PH-Wertabnahme und ADP-Zunahme, einer verstärkten Laktatbildung, einer stärkeren Myoglobinsättigung und stärkeren relativen Hyperperfusion im Vergleich zu Willkürbewegungen (Eriksson et al., 1981; Gregory & Bickel, 2005; Ratkevicius, Mizuno, Povilonis & Quistorff, 1998; Vanderthommen et al., 2003). Der geringere ATP-Umsatz wird dabei vor allem auf die Rekrutierung der Typ-1-Muskelfasern bei Willkürbewegungen bzw. auf den höhe-

ren relativen Typ-2-Muskelfaserbeitrag während der EMS zurückgeführt. Vanderthommen et al. (2003) zeigten, dass nach einer EMS-Belastung das Zytoplasma stärker mit Sauerstoff angereichert ist und der Muskel „saurer“ ist als nach einer willkürlichen Belastung. Es wurde außerdem festgestellt, dass EMS die anaerobe Glycolyse durch den Abbau von Phosphokreatin und Glykogen unter Laktatbildung und PH-Wertreduzierung stark beansprucht. Dies kann bei vergleichbarer Belastung zu früheren und verstärkten Ermüdungsprozessen führen und im Vergleich zu anderen Einzelmethoden nachhaltigere Adaptationen auslösen (Hamada, Hayashi, Kimura, Nakao & Moritani, 2004). Dies wird von der Tatsache gestützt, dass bei Willkürbewegungen, ab einem bestimmten Ermüdungsgrad, aktive motorische Einheiten durch die Aktivierung anderer motorischer Einheiten ersetzt werden (selektive Rekrutierung). Während der EMS werden vor allem die schnellen motorischen Einheiten stark belastet (Ratkevicius et al., 1998). Kommt es zur Anwendung des EMS-Trainings über längere Untersuchungszeiträume (z. B. acht Wochen), nimmt der Einfluss von hypertrophiebedingten Kraftzunahmen zu (Gondin et al., 2005). Unter Berücksichtigung des athletischen Niveaus verweisen Filipovic et al. (2011) darauf, dass eine intensive EMS-Belastung bis zu 40 % mehr stoffwechselbedingten Stress erzeugen kann als ein willkürliches Krafttraining. Außerdem sind Leistungssportler in der Lage, höhere Intensitäten und Belastungsdichten (TE pro Woche) zu verarbeiten, um adaptationsadäquate Trainingsreize zu erzeugen.

Zwischenfazit:

Im Vergleich der Wirkung der EMS-Trainingsmethode mit einem willentlich gesteuerten Krafttraining zeigen zahlreiche Studien, dass das EMS-Training zwar eine gleiche Effektivität (Filipovic et al., 2012) erreichen kann, aber keine höhere (Bax et al., 2005; Selkowitz, 1985). Im Gegensatz dazu wiesen verschiedene Wissenschaftler im vorigen Jahrzehnt Vorteile des EMS-Trainings gegenüber dem willkürlichen Krafttraining bei leistungsorientierten Sportlern, aufgrund von Weiterentwicklungen der EMS-Applikation, nach (Babault et al., 2007; Brocherie et al., 2005). Dabei werden die Schwierigkeiten hinsichtlich eines Studienvergleichs wegen mangelnden Standardisierungen bzw. Verschiedenheiten des Untersuchungsdesigns aufgezeigt. So wird die EMS z. B. als Einzelmethode (vgl. Tab. 4) oder in sukzessiver Kombination mit einem traditionellen Krafttraining (Eriksson et al., 1981) oder in einer simultanen Kombination verwendet (Herrero et al., 2010). Weitere Studienunterschiede betreffen die stimulierten Muskelgruppen, die Testverfahren, die Trainingsfrequenz, den Trainingsumfang, die Probandengruppen sowie die bereits benannten EMS-Parametereinstellungen. Außerdem wird darauf hingewiesen, dass die mit der Stromstärke verbundenen Schmerzempfindungen individuell verschieden sind und den Trainingsreiz hinsichtlich seiner Intensität limitieren (Hartsell & Kramer, 1992). Im Vergleich der EMS-Methode mit dem willkürlichen Krafttraining verweisen Herrero et al. (2010) auf Vorteile der EMS, wie einen geringeren Zeit- bzw. Intensitätsbedarf zur Auslösung von Trainingsanpassungen sowie längere Nachwirkungszeiten. Nachteile bzw. Einschränkungen betreffen ein verändertes Rekrutierungsverhalten, eine schwierige Intensitätskontrolle, individuelle Reaktionen auf den EMS-Reiz,

Schmerzwahrnehmungen und ggf. Interferenzen auf komplexe Schnellkraftleistungen. Filipovic et al. (2011) fügen hinzu, dass der elektrische Stimulus intensiver ($>100\%$ MVC) sein kann als bei willkürlichen Kontraktionen, was zu Schädigungen des muskulären Systems und verlängerten Regenerationszeiten führen kann. Daher wird das EMS-Training als ergänzende Methode empfohlen, die nicht das traditionelle Krafttraining ersetzen kann.

Plyometrisches Training

Das plyometrische Training ist eine Trainingsmethode, in der Trainingsinhalte verwendet werden, die exzentrische und konzentrische Bewegungsphasen unmittelbar koppeln. Die Begriffe reaktives oder ballistisches Training werden z. T. synonym verwendet. Chu (1983) bezeichnet das plyometrische Training als Methode, die die Verbindung zwischen Kraft- und Schnelligkeitsfähigkeit herstellt bzw. die Nutzung von Kraftgewinnen während explosiv-schneller Bewegungen im DVZ sicherstellt. In Bezug auf die unteren Extremitäten kommen Sprungtechniken, wie der CMJ und DJ zum Einsatz, bei denen die Energie der exzentrischen Bewegung vom Muskel-Sehnenapparat gespeichert und anschließend in der konzentrischen Phase freigegeben wird. Je schneller dabei die Dehnung erfolgt, je höher ist die anschließende Kraftsteigerung (Wagner & Kocak, 1997). Außerdem verkürzt die Dehnung der Muskulatur in der Amortisationsphase die Zeitspanne der folgenden konzentrischen Arbeitsphase (Bosco et al., 1982). Die dabei auftretende Leistungssteigerung gegenüber Bewegungen, die nicht im DVZ ablaufen, beruht auf den elastischen Eigenschaften der Muskeln, des Bindegewebes, der Sehnen und Bänder sowie auf dem Reflexmechanismus bei der Dehnung der Muskelspindeln (Adams, O'Shea, O'Shea & Climstein, 1992; Clutch, Wilton, McGown & Bryce, 1983). Nur im Falle von zu langen Verzögerungen zwischen den beiden Bewegungsphasen, wie z. B. bei einem SJ verlagert sich die gespeicherte elastische Energie in Wärme und es können keine Leistungssteigerungen aufgrund der Vordehnung des Muskels festgestellt werden (Cavagna, 1977). Weil das plyometrische Training, im Vergleich zum klassischen Krafttraining mit Zusatzlast, unter höheren Muskelspannungen bzw. –geschwindigkeiten abläuft, sind spezifische Trainingsanpassungen zu erwarten (Fatouros et al., 2000).

In einer Metaanalyse, in der 56 Studien zur **Wirkung** des plyometrischen Trainings berücksichtigt wurden, kommen De Villarreal, Kellis, Kraemer und Izquierdo (2009, S. 500) zu dieser Schlussfolgerung: „[...] PT is an effective training method for the improvement of vertical jumping ability.“ Wirkungen des Einsatzes eines plyometrischen Trainings können Verbesserungen der Muskelleistung (z. B. Maximalkraft) und speziell der Kraftanstiegsrate (Explosivkraft) und Reaktivkraft sein (De Villarreal et al., 2009; Lorenz, 2011; Malisoux et al., 2006). Wierzbicka und Wiegner (1992) weisen darauf, dass ein plyometrisches Training im Vergleich zum traditionellen Krafttraining mit hohen Zusatzgewichten vor allem die exzentrische RFD auf Basis erhöhter neuronaler Aktivitäten (z. B. Entladungsraten der motorischen Einheiten), reduzierter Antagonistenaktivität, verbesserter Synchronisation und Synergistenakti-

vierung oder veränderter mechanischer Charakteristika des Muskel-Sehnenkomplexes (bzw. Muskelquerschnitt/ Muskelarchitektur) steigert (Malisoux et al., 2006; Markovic & Mikulic, 2010; Toumi, Best, Martin & Poumarat, 2004). Die verbesserte exzentrische bzw. konzentrische Kraftanstiegsrate resultiert z. B. in Steigerungen der Sprung- und Sprintleistung sowie der intramuskulären Koordination (Baker & Newton, 2005; Markovic, 2007). Außerdem werden Verbesserungen der Fähigkeiten zur Rekrutierung von Muskelfasern und zur Speicherung bzw. Freigabe von elastischer Energie angenommen und auf eine verbesserte neuromuskuläre Effizienz durch die Ausnutzung des Dehnungsreflexes bzw. veränderter Reflexaktivitäten hingewiesen (Bosco et al., 1982; Komi, 2000; Rahimi & Dehpur, 2005). Diesbezüglich erwähnen Wissenschaftler z. B. trainingsbedingt reduzierte EMG-Aktivitäten der Antagonisten vor dem Bodenkontakt bei Tief-Hochsprüngen, die auf reduzierte Schutzmechanismen (Golgi-Sehnenorgan) im Sinne einer Enthemmung (engl.: disinhibition) hindeuten (Gollhofer, Komi, Miyashita & Aura, 1987). Markovic und Mikulic (2010) weisen außerdem auf erhöhte Knochenmassen bei präpuberalen und frühpuberalen Heranwachsenden in Folge längerer plyometrischer Trainingsphasen (5-12 Monate) hin.

Im Zusammenhang mit wirkungsbezogenen **Einflussfaktoren** belegen zahlreiche Studien die Effektivität des plyometrischen Trainings hinsichtlich der Steigerung von Kraft- bzw. Schnellkraftleistungen der unteren Extremitäten in verschiedenartigen Probandengruppen unabhängig vom Ausgangsniveau, von der Trainingserfahrung und vom Geschlecht (z. B. De Villarreal et al., 2009; Fatouros et al., 2000; Rahimi & Dehpur, 2005). Allerdings gibt es auch Studienergebnisse, die keine Leistungssteigerungen nach dieser Trainingsmethode feststellten (Luebbers et al., 2003; Wilson et al., 1993). Einige Studien zeigen eine geringere Effektivität des plyometrischen Trainings im Vergleich zu anderen Einzelmethoden in Bezug auf Kraft- bzw. Schnellkraftsteigerungen (Clutch et al., 1983; Lyttle, Wilson & Ostrowski, 1996). Toumi et al. (2004) verweisen auf die Bedeutung einer hohen exzentrischen Geschwindigkeit im Training, die in spezifischen Anpassungen, wie gesteigerte CMJ-Sprunghöhen und verkürzte Übergangsphasen zwischen exzentrischen und konzentrischen Bewegungen münden können. De Villarreal et al. (2009) betonen die Bedeutung des Trainingsvolumens (> 10 Wochen, > 15 Trainingseinheiten, > 40 Sprünge pro TE) und der Integration verschiedener plyometrischer Trainingsinhalte für trainingsbedingte Leistungssteigerungen.

Schnellkraftleistungen, die im DVZ vollzogen werden, stellen eine relativ eigenständige Fähigkeit dar und sollten daher auch mit eigenständigen Methoden trainiert werden (Schmidtbleicher, 1985). Diesbezüglich kommen u. a. folgende reaktive Trainingsmethoden zum Einsatz, die möglichst explosiv in der exzentrisch-konzentrischen Arbeitsweise ausgeführt werden sollen (vgl. Tab. 5).

Tab. 5: *Reaktive Trainingsmethoden (Schmidtbleicher, 1985, S. 29)*

Trainingsinhalte/ Belastungsnormative	Hüpfen beid- und einbeinig	Sprungübungen	Tiefsprünge
Belastungshöhe	ohne Zusatzlast	ohne Zusatzlast	ohne Zusatzlast
Wiederholungen	30	10	10
Serien	3	3	3-5
Pausenlänge	5 min	5 min	10 min

Im Vergleich der drei ausgewählten Einzelmethode ist insgesamt festzuhalten, dass ein EMS-Training ähnliche Krafttrainingseffekte aufweisen kann wie ein Training mit Willküraktivierung der Muskulatur (Paillard, 2008). Dennoch bestehen zwischen den Einzelmethode Unterschiede in akuten physiologischen Prozessen (Mukelrekrutierung, -synchronisation und -koordination, Schmerzwahrnehmung, Stoffwechselbeanspruchung, Ermüdung, etc.), die zu unterschiedlichen Adaptationen führen können und somit die Strategie einer Kombination von Einzelmethode rechtfertigen.

2.3.2. Methodenkombinationen

Im Gegensatz zu den Einzelmethode wurden in der Vergangenheit verschiedene Methodenkombinationen mit dem Ziel der Schnellkraftsteigerung entwickelt (Adams et al., 1992; Docherty et al., 2004; Duthie et al., 2002; Harris, Stone, O'Bryant, Proulx & Johnson, 2000; Wolf, Ariel, Saar, Penny & Railey, 1986). Dies erfolgte mit der Begründung einen umfassenderen und ggf. kumulativen Trainingsreiz zu setzen (Schlumberger, Wirth, Liu, Steinacker & Schmidtbleicher, 2003), um dem komplexen Charakter (Mehrgelenkigkeit, Schnellkraft als Fähigkeitskomplex) von Vertikalsprüngen gerechter werden zu können als mit Einzelmethode (Adams et al., 1992; Kraemer & Newton, 1994; Paillard, 2008; Weber et al., 2008). Aufgrund der Bewegungsstruktur von Sprungleistungen mit DVZ wird sowohl die Fähigkeit benötigt bei geringen Geschwindigkeiten hohe Kräfte zu erzeugen (z. B. im Umkehrpunkt der Bewegung), als auch die Fähigkeit bei hohen Kontraktionsgeschwindigkeiten Kraftsteigerungen zu erreichen (Newton & Kraemer, 1994).

Bobbert und Van Soest (1994) fanden in einer Simulationsstudie heraus, dass Sprunghöhensteigerungen vor allem mit der Kombination von Kraft- und Koordinationsverbesserungen erreicht werden können und empfehlen die Kombination von Kraft- und Sprungtraining. Zahlreiche Studien konnten die leistungssteigernden Wirkungen eines Schnellkrafttrainings mit einer Methodenkombination aus Krafttrainingsübungen mit Zusatzlast und plyometrischen Trainingsübungen nachweisen (Adams et al., 1992; Fatouros et al., 2000; Rahimi & Dehpur, 2005; Siegler, Gaskill & Ruby, 2003). In der Betrachtung dieser Kombinationsart ist eine genaue Definition, Abgrenzung bzw. Kategorisierung notwendig, da vor allem der zeitliche Verlauf bei der Kombination von Trainingsmethoden unterschiedliche Wirkungen hervorrufen kann (Effekte von Reihenfolgen, Pausenzeiten, Periodisierungsmustern mit verzöger-

ten Wirkungseffekten, etc.). So erfolgte die Kombination dieser beiden Einzelmetho- den auf unterschiedliche Weise. Einige Studien kombinierten die Einzelmethoden an verschiedenen Tagen (Fatouros et al., 2000; Herrero et al., 2010; Siegler et al., 2003). Andere Studien kombinierten die Methoden in einer Trainingseinheit in unter- schiedlicher Reihenfolge mit Kraft- vor einem Plyometrietaining (z. B. Duthie et al., 2002), mit Kraft- nach einem Plyometrietaining (z. B. Rahimi & Dehpur, 2005) oder auch im ständigen Wechsel (z. B. Duthie et al., 2002). Wenige Studien betrachteten diese Methodenkombination als Bestandteil eines periodisierten Trainingsprogramms (z. B. Harris et al., 2000).

Da sowohl das Krafftraining mit Zusatzlast als auch das plyometrische Training Ver- besserungen von Sprungleistungen erreichen (vgl. Kap. 2.2.1.), spricht eine Kombi- nation beider Methoden im Sinne einer gleichen Wirkungsrichtung für Leistungsstei- gerungen. Allerdings stellt sich die Frage, welche Art der Kombination am wirkungs- vollsten und in leistungssportlichen Trainingsprozessen zudem am ökonomischsten ist. Duthie et al. (2002) verglichen verschiedene Kombinationsarten miteinander und empfehlen den satzweisen Wechsel von Kraft- und Plyometrietaining im Vergleich zu mehreren Sätzen Sprungtraining vor mehreren Sätzen Krafftraining oder der um- gekehrten Kombination. Die Grundannahme für die Erzeugung gesteigerter Trai- ningsadaptationen dieser Kombinationsart liegt darin, dass Leistungssteigerungen und verstärkte Adaptationen aufgrund erhöhter Trainingsreize entstehen, die auf er- höhter neuromuskulärer Aktivierung nach dem Krafftrainingsreiz beruhen (PAP).

Neben Untersuchungen zur Kombination von Kraft- und Plyometrietaining liegen Studien vor, die die Elektromyostimulation (EMS) mit einem Kraft- bzw. Plyometrie- training kombinierten und Leistungssteigerungen in verschiedenen sportmotorischen Tests feststellten (vgl. Tab. 6). Einige Wissenschaftler untersuchten die Wirkung ei- ner kombinierten Methode aus Kraft- und EMS-Training auf die vertikale Sprung- leistung, die isometrische Maximalkraft, den Muskelquerschnitt sowie die Sprint- leistung und stellten dabei sowohl positive als auch negative Auswirkungen fest (Her- rero et al., 2010; Ruther et al., 1995; Wolf et al., 1986). Allerdings wurde in diesen Studien die EMS zeitgleich mit dem Krafftraining, als so genanntes Hybridtraining appliziert (Benito-Martinez et al., 2011; Malatesta et al., 2003) und diesbezügliche Wirkungsergebnisse werden vor allem auf Basis der Entstehung von supramaxima- len Belastungen im Vergleich zu isometrischen und dynamischen Willküraktivier- ungen erklärt (Paillard, 2008). Paillard, Noe, Passelergue und Dupui (2005) und Her- rero et al. (2010) verweisen in diesem Zusammenhang darauf, dass diese Form der Kombination stärkere isometrische Maximalkraftleistungen verursachen kann als die Einzelmethoden Krafftraining und EMS. Allerdings muss angemerkt werden, dass trainingsbedingte Leistungsgewinne in der isometrischen Maximalkraft auch zu Stö- rungen dynamischer Sprungleistungen bzw. der intermuskulären Koordination führen können (Herrero et al., 2010).

Es liegen weiterhin Untersuchungen vor, in denen ein EMS-Training vor oder nach einem plyometrischen Training durchgeführt wurde. In Tabelle 6 werden drei ausge- wählte Studien betrachtet, die eine derartige Kombination durchführten.

Tab. 6: Darstellung ausgewählter Studien mit Verwendung der Kombinationsmethode „EMS+Plyo“

Autoren	Probanden und Umfang	Trainingsmethoden	Tests	Ergebnisse
Maffiulletti et al., (2002a)	2 x N = 10, Volleyballspieler mit Regionalniveau, 4 Wochen (12TE)	EMS: ca. 16 min mit 48 Kontraktionen (m. vastus lateralis und medialis, 110° Kniewinkel in einer Beinpresse sitzend), ca. 10 min mit 30 Kontraktionen (m. gastrocnemius lateralis und medialis, 10° Sprunggelenkwinkel stehend), 115-120 Hz, 400 µs, 3 s Aktivierung vs. 17 s Pause Plyometrie: 50 Sprünge (5 x 10 Wdh. mit 3 min Pause); 5 x CMJ und 45 x DJ über Hürden und Bänke Kombination: sukzessiv in einer TE	MVC, SJ, CMJ	MVC: 20 % (Knieextensoren), 13 % (Plantarflexoren) SJ: 21 % CMJ: 10 %
Herrero et al., (2006)	N = 10, Sportstudenten, 4 Wochen (16 TE)	EMS: ca. 29 min mit 53 Kontraktionen (m. vastus lateralis und medialis, 120° Kniewinkel liegend), 115-120 Hz, 400 µs, 3 s Aktivierung vs. 30 s Pause Plyometrie: 90-105 Sprünge (horizontale Sprünge und DJ progressiv) Kombination: an verschiedenen Tagen der Trainingswoche (2 x EMS + 2 x Plyo)	SJ, CMJ, 20 m-Sprint, MVC, MQ	SJ: 8 %, CMJ: 7 %, Sprintzeit: -2 %, MVC 16 %, MQ 7 %
Benito-Martinez et al., (2011)	N = 78, Mittelklasse-sprinter, 8 Wochen (16 TE)	EMS: ca. 12 min mit 48 Kontraktionen (m. vastus lateralis und medialis, 100° Kniewinkel sitzend), 150 Hz, 350 µs, 3 s Aktivierung und 12 s Pause Plyometrie: 48 Vertikalsprünge Kombination: sukzessiv in einer TE	J&R, 30 m Sprint fliegend	signifikante Steigerungen im J&R und Sprint (Literatur ohne genaue Angaben)

Zusammenfassend betrachtet weisen die meisten Studien die Effektivität der „EMS+Plyo“-Trainingsmethode nach (Martinez-Lopez, Benito-Martinez, Hita-Contreras, Lara-Sanchez & Martinez-Amat, 2012). Die verstärkte Wirksamkeit der kombinierten Methode aus „EMS+Plyo“ im Vergleich zu den Einzelmethode wird aus den kumulativen Effekten der Einzelmethode abgeleitet, beziehungsweise aus der Verringerung des Nachteils der EMS-Methode, wie z. B. einer mangelnden zentralen Steuerung der Bewegungskoordination (Paillard, 2008).

2.3.3. Trainingsstudien zum Wirkungsvergleich von Einzel- und Kombinationsmethoden im Schnellkrafttraining

Seit Verchoshanskij und Tatyan (1973) die Empfehlung zur Kombination von Krafttraining mit Zusatzlasten und plyometrischen Übungen veröffentlichten, wurden zahlreiche Trainingsstudien durchgeführt, die die Effektivität verschiedener Trainingsme-

thoden zur Schnellkraftsteigerung untersuchten. Da in der vorliegenden Arbeit ebenfalls ein Methodenvergleich durchgeführt wird (vgl. Studie 2), werden an dieser Stelle zunächst die Studien betrachtet, die einen singulären Methodeneinsatz (z. B. plyometrisches Training) mit einem multiplen bzw. kombinierten Ansatz verglichen (z. B. Kombination aus Kraft- und Sprungtraining). Eine differenzierte Betrachtungsweise der Studien ist angebracht, da es Unterschiede in den eingesetzten Untersuchungsmethoden sowie vielfältige Variationen der Belastungsparameter gibt. Die Tabelle 18 im Anhang gibt einen Überblick über ausgewählte Untersuchungen, welche die Kombinationsmethoden „Kraft+Plyo“ bzw. „EMS+Plyo“ beinhalteten und mit einem singulären Methodeneinsatz verglichen.

In der detaillierten Betrachtung der abgebildeten Studienergebnisse sind folgende Informationen zur Wirkungsspezifität der Trainingsmethoden relevant für die weiteren Analysen in dieser Arbeit:

- Kombinationsmethoden (Kraft+Plyo und EMS+Plyo) können Sprung-, Sprint- bzw. Schnellkraftleistungen im schnellen und langsamen DVZ in höherem Ausmaß als Einzelmethoden verbessern (Adams et al., 1992; Clutch et al., 1983; Dodd & Alvar, 2007; Fatouros et al., 2000; Herrero et al., 2006; Lyttle et al., 1996; Rahimi, Arshadi, Behpur, Boroujerdi & Rahimi, 2006; Rahimi & Dehpur, 2005; Saez de Villarreal, Requena, Izquierdo & Gonzalez-Badillo, 2013; Toumi et al., 2004).
- Kombinationsmethoden (Kraft+Plyo und EMS+Plyo) können die dynamische/isometrische Maximalkraft in größerem Ausmaß steigern als ein Training mit den Einzelmethoden (Fatouros et al., 2000; Herrero et al., 2006; Rahimi & Dehpur, 2005). In der Applikation von EMS basiert diese Steigerung vorrangig auf einer Vergrößerung des Muskelquerschnitts (Herrero et al., 2006).
- Die Kombinationsmethode „Kraft+Plyo“ verkürzt die Übergangsphase zwischen der exzentrischen und konzentrischen Phase im CMJ und vergrößert die Kniewinkelsteifigkeit und Muskelaktivität der kniestickehenden Muskulatur (Arabatzl, Kellis & Saez-Saez De Villarreal, 2010; Toumi et al., 2004).
- Plyometrisches Training als Bestandteil in den Kombinationsmethoden wirkt vorrangig im Bereich der exzentrischen Bewegungsphase wohingegen das Krafttraining mit Zusatzlast hauptsächlich im Bereich der konzentrischen Kraftentwicklung wirkt (Dodd & Alvar, 2007; Kramer, Morrow & Leger, 1993).
- Adaptationsverlauf: Steigerungen der Sprunghöhe im CMJ und SJ treten in Folge von Maximalkraftsteigerungen nach dem Training mit der Kombinationsmethode „EMS+Plyo“ auf (Maffiuletti et al., 2002a).
- Es herrscht eine hohe Spezifität zwischen Test- und Trainingsübungen (Arabatzl et al., 2010; Rahimi & Dehpur, 2005; Saez de Villarreal et al., 2013; Toumi et al., 2004).
- Es besteht Kritik an Studien, die den Vergleich von Kombinationsmethoden mit den Einzelmethoden auf Basis unterschiedlicher Umfänge durchführten (z. B. Fatouros et al., 2000).
- Es gibt zahlreiche Studien zu den Kombinationsmethoden (Kraft+Plyo und EMS+Plyo) mit geringem Trainingsstatus der Probanden und „breiter“ Wirkung

(Steigerungsraten in diversen Tests; Adams et al., 1992; Arabatzi et al., 2010; Fatouros et al., 2000; Herrero et al., 2006; Rahimi et al., 2006; Rahimi & Dehpur, 2005). Es gibt wenige Studien mit Leistungssportlern.

- Die Kombinationsmethode „Kraft+Plyo“ wirkt „breiter“ (signifikante Leistungssteigerungen in vielen Testübungen) aber z. T. nicht so speziell wie eine, im Verhältnis zur Testübung, hochspezifisch-singuläre Trainingsmethode (Rahimi & Dehpur, 2005).
- Es besteht eine Ansprechbarkeit auf einen Trainingsreiz in Abhängigkeit von der betriebenen Sportart (Trainingshintergrund der Sportler). Neuartige Trainingsreize zeigen eine Wirkung und gewohnte Trainingsreize bleiben ohne Wirkung (Clutch et al., 1983).
- Es gibt wenige Studien zur Kombination von EMS und Plyometrietraiding im Vergleich zu zahlreichen Studien zur Kombination von Kraft- und Plyometrietraiding.

2.3.4. Komplextraining

In Bezug auf die **Begriffsbestimmung** der Trainingsmethode „Komplextraining“ kann zwischen Definitionen aus der deutschsprachigen und englischsprachigen Literatur unterschieden werden. Im Deutschen wird das Komplextraining bzw. die Komplexmethode als ein wettkampfnahes Training bezeichnet (Martin et al., 1993) oder als Verknüpfung eines Leistungsfaktors mit einem oder mehreren anderen bzw. die Verknüpfung des technischen Trainings mit Anforderungen aus den Bereichen Taktik, Kondition, Psyche (Olivier & Rockmann, 2003; Schnabel, Harre & Borde, 1997). Schnabel und Thieß (1993) bezeichnen das Komplextraining als eine Trainingsmethode, die auf die gleichzeitige Lösung mehrerer Hauptaufgaben der sportlichen Vorbereitung ausgerichtet ist. Güllich und Schmidtbleicher (1999) erwähnen im Krafttrainingsbereich so genannte intermediäre bzw. Mischmethoden und äußern sich kritisch zum Ziel mit einer Mischmethode mehrere Effekte zu erzielen (z. B. neuronale und muskuläre Anpassung durch Pyramidenmethode). Grosser, Starischka und Zimmermann (2008) verwenden den Begriff der komplexen Kraftentwicklung zur Kennzeichnung eines Basistrainings zur Kraftentwicklung für Gesundheit und allgemeine Fitness für Kinder, Jugendliche, Anfänger und Fortgeschrittene. Es ist demnach festzustellen, dass in der deutschsprachigen Trainingswissenschaft des Krafttrainings keine eindeutig definierte Komplexmethode vorzufinden ist. Verchoshanskij (1995) bezeichnet die Bedeutung des deutschsprachigen Komplextrainings als Einheit bzw. wechselseitige Bedingtheit von spezieller Kraft und technisch-taktischer Vorbereitung des Sportlers. Im Zusammenhang mit der Begrifflichkeit „Komplextraining bzw. -methode“ wird in der deutschsprachigen Trainingswissenschaft des Krafttrainings das Kontrastverfahren als ein Wechsel der Intensität in Trainingseinheiten zwischen Serien oder innerhalb einer Serie verwendet (Schnabel et al., 1997).

Somit bestehen Unterschiede in den Begriffsdefinitionen zum Komplextraining im Allgemeinen sowie hinsichtlich der Art und Weise der Kombinationen im Speziellen

(z. B. Reihenfolge und zeitlicher Abstand der Übungen). Bereits 1995 identifizierte Bührle den defizitären Forschungsstand zum Krafttraining im deutschsprachigen Raum und forderte beispielsweise die Präzisierung von Begrifflichkeiten im Schnellkrafttraining (Carl, 1995). Diese Forderung kann auch auf den englischsprachigen Raum übertragen werden.

Verkhoshansky und Tatyana (1973, S. 166) prägten erstmalig den Begriff „complex training“ als:

„[...] complex of exercises united according to the principle that basic exercises for the development of reactive ability is fulfilled in a background of heightened excitability of the central nervous system, brought about by preliminary fulfillment of exercise requiring great power“

Nach den ursprünglichen und viel zitierten Beobachtungen von Verkhoshansky (1986) und Verkhoshansky und Tatyana (1973) wird davon ausgegangen, dass nach Auslösung der PAP durch die Kraftübung, ein erhöhter Trainingsreiz in der folgenden plyometrischen Übung realisiert wird und dass bei wiederholter Anwendung spezifische Anpassungen ausgelöst werden (Ebben & Watts, 1998; Güllich & Schmidtbleicher, 1996; Weber et al., 2008; Young et al., 1998).

Weiterhin definieren Young et al. (1998, S. 82) ein Kontrasttraining wie folgt:

„The contrast training method involves the use of heavy and light loads to train a muscle group in a single work-out. Specifically, an exercise set that emphasizes speed or power such as a plyometric exercise is preceded by an exercise set that involves a heavy load. This alternating of heavy and light sets or exercises in a session is also known as complex training“.

Nach dieser Begriffsbestimmung werden die Begriffe Kontrast- und Komplextraining synonym verwendet, da kein Unterscheidungskriterium benannt wird. Neben der mangelnden Abgrenzung verschiedener Begriffe bleibt in einigen Definitionen außerdem offen, ob ein einmaliger oder mehrfacher Wechsel des Kraft- und Plyometrietrainings erfolgen soll (Ebben & Watts, 1998). Des Weiteren definieren die Autoren Duthie et al. (2002) eine Komplexmethode als den Wechsel von mehreren Sätzen mit Kniebeugen (inkl. Zusatzlast), gefolgt von mehreren Sätzen mit SJ sowie eine Kontrastmethode als die Zusammenfassung dieser beiden Übungen in einem Satz, welcher anschließend mehrfach wiederholt wird. Diese Kopplung zweier Übungen wird allerdings von einigen Autoren auch als „complex pair“ und somit Komplextraining bezeichnet, welches sowohl für spezifische Erwärmungsprozesse als auch in der Anwendung mehrerer Sätze als Trainingsmethode eingesetzt wird (Docherty et al., 2004; Jensen & Ebben, 2003; Matthews et al., 2009; Robbins & Docherty, 2005; Weber et al., 2008). Maio-Alves, Rebelo, Abrantes und Sampaio (2010) bezeichnen das Komplextraining als den satzweisen Wechsel von biomechanisch ähnlicher Kraftübung mit hoher Zusatzlast (z. B. Kniebeuge mit 85 % des EWM) und plyometrischer Übung (z. B. CMJ) innerhalb einer Trainingseinheit (Matthews et al., 2009). Im Gegensatz dazu beschreiben die Autoren ein Kontrasttraining, das sich mit dem Wechsel von hohen und geringen Zusatzgewichten in einer Krafttrainingseinheit auszeichnet und mit maximaler Bewegungsgeschwindigkeit

ausgeführt wird (Smilios et al., 2005). Andere Autoren bezeichnen diese Form wiederum als Komplextraining (z. B. Ebben et al., 2000).

Aufgrund der Differenzen zur Begriffsdefinition im englisch- und deutschsprachigen Raum wird vorgeschlagen, zukünftig den Begriff der Kombinationsmethode als Anwendungsmethode des Konzeptes der PAP zu nutzen (Robbins & Docherty, 2005). In Verbindung mit der Methodenbezeichnung sollte immer eine genaue Beschreibung der Art und Weise der Kombination sowie seiner Belastungsnormative erfolgen. *In dieser Arbeit wird der Begriff „Komplextraining“ als die satzweise gekoppelte Wiederholung zweier biomechanisch ähnlicher aber hinsichtlich der eingesetzten Zusatzlast verschiedener Übungen (complex pair) bezeichnet und synonym zum eigens gewählten Begriff „Kombinationsmethode“ verwendet (z. B. Kraft+Plyo oder EMS+Plyo; Docherty & Hodgson, 2007).* Neben den begrifflichen Unterschieden bestehen außerdem verschiedene Auffassungen bezogen auf die optimale Art und Weise der kombinierten Belastung, u. a. bezogen auf die Variablen Satzanzahl, Wiederholungszahl, Intensität, Trainingsinhalt, Dichte bzw. Pausenzeiten (Docherty & Hodgson, 2007). *In dieser Arbeit wird die Konkretisierung hinsichtlich der Belastung (Kraft+Plyo) mit einem Satz Kraftbelastung (3-5 Wiederholungen der Kniebeuge mit 85-95 % des EWM) gefolgt von einem Satz Plyometriebelastung getroffen (5-8 Wiederholungen mit verschiedenen Sprungtechniken und Körpereigengewicht bzw. leichten Zusatzlasten von max. 30 % des EWM; Mitchell & Sale, 2011).*

Zu den **Vorteilen** des Komplextrainings zählen z. B. die Wirksamkeit hinsichtlich der Fortführung eines adaptionsauslösenden Trainingsreizes bei Sportlern mit hohem Krafttrainingsniveau, die Breite des Trainingsreizes bezüglich Kraft- und Schnelligkeitssteigerungen in einer Trainingseinheit, die Motivationswirkung durch eine erhöhte Variabilität im Training und organisatorische Vorteile aufgrund der ökonomischen Nutzung von Trainingszeit (Jones & Lees, 2003). Güllich und Schmidtbleicher (1996) verweisen hierbei auf eine verbesserte Rekrutierungsfähigkeit vor allem im Bereich der FT-Fasern als adaptive Wirkung eines Komplextrainings.

Es gibt wenige Studien zur Kombinationsmethode „Kraft+Plyo“, die mit Leistungssportlern durchgeführt wurden. Maio-Alves et al. (2010) fanden in ihrer 6-wöchigen Trainingsstudie zur Kombinationsmethode „Kraft+Plyo“, die ein- bzw. zweimal pro Woche durchgeführt wurde, Leistungssteigerungen im 5 m und 15 m-Sprint (3,1-9,2 %) und SJ (9,6 -12,6 %).

2.3.5. Pausenzeit zwischen Belastungsreizen im Komplextraining

Neben den Steuerungskomponenten Umfang, Intensität und Art der Körperübung ist die Dichte (Pausenzeit) ein wichtiger Belastungsfaktor zwischen zwei Trainingsreizen (Tan, 1999). Es wird darauf verwiesen, dass die Pausendauer die metabolischen, hormonellen, kardiovaskulären und neuromuskulären Reaktionen/ Adaptationen in Folge eines Krafttrainings beeinflusst (Fröhlich et al., 2012; Kraemer et al., 2002). Der wissenschaftliche Kenntnisstand zur optimalen Pausenzeit zwischen zwei Trainingsreizen in der Kombinationsmethode „Kraft+Plyo“, definiert als der zeitliche Ab-

stand von Kraftübung mit Zusatzlast zur erhöhten Leistung in der folgenden plyometrischen Übung (engl.: intracomplex rest interval; Jensen & Ebben, 2003), ist heterogen (vgl. Tab. 7). Empfehlungen zur optimalen Pausenzeit beginnen bei einer kurzen bzw. keiner Pause (z. B. Ebben & Watts, 1998) und reichen bis zu ca. 20 min (Chiu et al., 2003) bzw. 30 min (Alway et al., 1987). Einige Autoren befürworten eine Optimaldauer im Sinne der Regeneration des phosphagenen Systems (z. B. Nachlieferung von Phosphokreatin) nach einer ermüdungsprovozierenden Kraftbelastung, bevor potenzierende Effekte abklingen (Forbes, Raymer, Kowalchuk, Thompson & Marsh, 2008; Jensen & Ebben, 2003). Sie benennen einen Zeitraum zwischen 5-10 min für das Auftreten maximaler PAP-Effekte (Hamada et al., 2000a). Andererseits favorisieren einige Wissenschaftler eine Pausenzeit von 3-4 min aufgrund ihrer Forschungen (Comyns et al., 2006; Ebben, 2002; Radcliffe & Radcliffe, 1996; Rixon et al., 2007; Sotiropoulos et al., 2010; Young et al., 1998). Weiterhin konnten Güllich und Schmidtbleicher (1996) erhöhte Leistungen in einem Zeitraum von 2,5 min bis 12,5 min und Kilduff et al. (2007) zwischen 8 min und 12 min diagnostizieren. Saez-Saez de Villarreal et al. (2007) objektivierte sogar leistungssteigernde Effekte verschiedener Erwärmungsprogramme bis zu sechs Stunden nach einem Belastungsreiz. Im Gegensatz dazu wurden keine Leistungssteigerungen bzw. tendenzielle Reduktionen nach kurzen Pausenzeiten von 10-15 s (Jensen & Ebben, 2003; Kilduff et al., 2007) oder nach 4-minütigen Pausenzeiten festgestellt (Comyns, Harrison & Hennessy, 2010; Jensen & Ebben, 2003; Robbins & Docherty, 2005). Des Weiteren konnten keine Steigerungen der Leistung nach Pausenzeiten von 1,5 min, 5 min oder 18,5 min nachgewiesen werden (Chiu et al., 2003; Hrysomallis & Kidgell, 2001; Scott & Docherty, 2004; Witmer et al., 2010).

Bei genauerer Analyse fällt allerdings auf, dass sich die Studien auf unterschiedliche Kombinationen hinsichtlich der **Art der Kraft- bzw. Kontrollübungen** beziehen, was einen Einfluss auf die optimale Pausenzeit ausüben kann. So wurden die Auswirkungen vom Bankdrücken auf das Medizinballstoßen (z. B. Jensen, Blackard, Ebben, McLaughlin & Watts, 1999) bzw. auf Liegestütze untersucht (z. B. Hrysomallis & Kidgell, 2001) bzw. die Effekte von Kniebeugen auf CMJ (z. B. Scott & Docherty, 2004; Witmer et al., 2010), auf DJ (z. B. Jones & Lees, 2003), auf Jump Squats mit Zusatzlast (z. B. Young et al., 1998) und auf Sprintleistungen analysiert (z. B. Comyns et al., 2010; McBride, Nimphius & Erickson, 2005). Weiterhin wurde der Einfluss isometrischer Maximalkontraktionen auf DJ (z. B. French, Kraemer & Cooke, 2003) und CMJ ermittelt (z. B. Güllich & Schmidtbleicher, 1996; Robbins & Docherty, 2005).

Die abweichenden Studienergebnisse basieren weiterhin auf **verschiedenen Variablen** in den Untersuchungsdesigns (z. B. Messverfahren, statistische Auswertungsverfahren, Bewegungsausführungen, etc.) und erfordern das genaue Erfassen weiterer Belastungsfaktoren, wie z. B. Intensität/ Zusatzlast, Dauer/ Volumen der Kraftübung und Probandenstatus (Hodgson et al., 2005; Kilduff et al., 2007). Somit kann eine Analyse der optimalen Pausenzeit für die Nutzung der PAP nur spezifisch und bezogen auf die Art der Kraftübung mit Zusatzlast (z. B. Kniebeuge bis 90° Kniewinkel mit Langhantelzusatzlast von 85 % des EWM) und der Ausführungsart der

folgenden plyometrischen Übung (z. B. CMJ ohne Armschwung) bezogen auf eine spezifische Probandengruppen erfolgen. Diesbezüglich wiesen Comyns et al. (2006) Steigerungen der Parameter „Flugzeit“ und „maximale Bodenreaktionskraft“ nach 4 min und Reduzierungen nach 30 s und 6 min nach (vgl. Abb. 21), wobei diese Autoren den CMJ einbeinig auf einer schrägen Ebene nach einer Kniebeugebelastung von 5-RM analysierten. Der Leistungsrückgang nach einer Pausenzeit von 6 min wurde damit begründet, dass sich nach einer Phase der belastungsinduzierten Leistungspotenzierung das neuromuskuläre System wieder einpegelte. Nibali et al. (2011) verweisen auf eine optimale Pausenzeit von 2-4 min für Potenzierungseffekte im CMJ nach 5-RM Kniebeugen. Andererseits konnten Jensen und Ebben (2003) und Jones und Lees (2003) keine signifikanten Veränderungen nach Pausenzeiten von 10 s, 1 min, 2 min, 3 min, 4 min, 10 min, 20 min feststellen. Auch Scott und Docherty (2004) analysierten keine signifikanten Änderungen der CMJ-Sprunghöhe nach Kniebeugen mit einer 5-RM Zusatzlast und 5-minütigen Pausenzeiten. Diese Autoren fanden zudem heraus, dass sich die 5-RM Kniebeugelast in vier aufeinander folgenden Trainingseinheiten um ca. 20 % steigern ließ, was die Analyse eines optimalen Zusatzgewichtes aufgrund einer hohen Variabilität dieses Parameters erschwerte.

Die Schwierigkeit der Feststellung einer optimalen Pausenzeit liegt vor allem in der simultanen Wirkung der bereits angesprochenen Ermüdungs- und Potenzierungseffekte (vgl. Kap. 2.2.). Ist die Pausenzeit zu kurz, scheinen die Ermüdungseffekte die Potenzierung zu überlagern, wohingegen zu lange Pausenzeiten einen Verlust der leistungssteigernden PAP bedeuten kann (Weber et al., 2008). Vor dem Hintergrund einer verschiedenen Ansprechbarkeit in Bezug auf die Phosphorylierung der leichten Ketten aufgrund der erhöhten Kalziumsensitivität von Sportlern (Responders vs. Non-Responders) verweisen Wissenschaftler (Smith & Fry, 2007; Comyns et al., 2006; Nibali et al., 2011) auf die Möglichkeit der individuell verschiedenen optimalen Pausenzeit (vgl. Abb. 25). Dieser Sachverhalt soll z. B. erklären, warum Güllich und Schmidtbleicher (1996) und Comyns et al. (2010) keine signifikanten Leistungssteigerungen feststellten. Hamada et al. (2000a) weisen mit ihren Ergebnissen außerdem darauf hin, dass der Zeitverlauf der Potenzierungs- bzw. Ermüdungsprozesse nach Vorbelastungen muskelspezifisch verschieden ist. Aufgrund der unterschiedlichen Untersuchungsergebnisse empfiehlt Lorenz (2011) die weitere Erforschung der optimalen Pausenzeit zwischen bestimmten Kombinationen aus Kraft- und Plyometrieübungen unter Berücksichtigung möglicher Wirkfaktoren, wie z. B. Arten und Intensitäten von Vorbelastungs- und Kontrollübungen, Trainingszustand, Geschlecht, etc. (Weber et al., 2008). Tabelle 7 veranschaulicht abschließend die Heterogenität der Befunde und ausgewählter Einflussfaktoren.

Tab. 7: Verschiedenheit von Befunden bezüglich Leistungspotenzierungen nach intensiver Vorbelastung zu unterschiedlichen Nachbelastungszeitpunkten

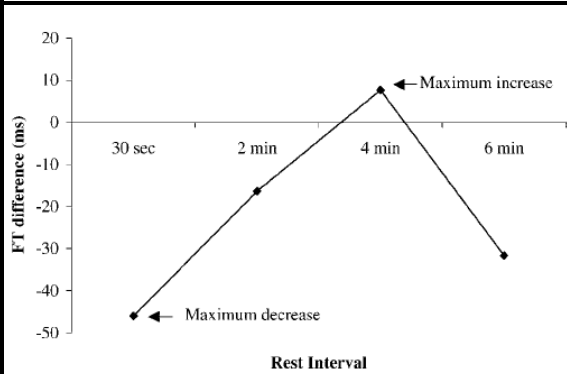


Abb. 21: Flugzeit (ms) während des CMJ nach einer Vorbelastung mit 5-RM Kniebeuge in Abhängigkeit von der Pausenzeit (Comyns et al., 2006, S. 473)

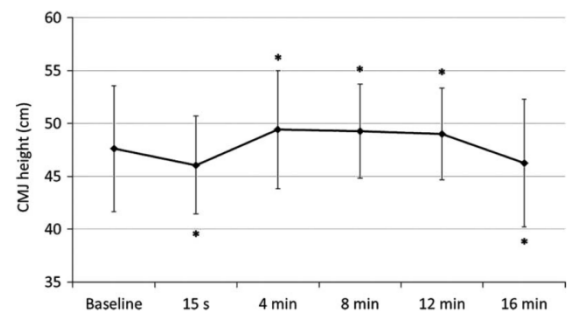


Abb. 22: Sprunghöhe CMJ nach Vo-rbelastung mit 3-RM Kniebeuge in Abhängigkeit von der Pausenzeit (Crewther et al., 2011, S. 3321)

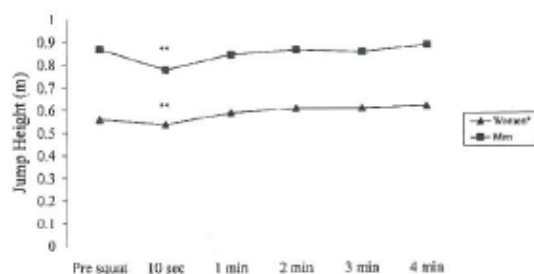


Abb. 23: Sprunghöhe während des CMJ nach einer Vorbelastung mit 5-RM Kniebeuge in Abhängigkeit von der Pausenzeit und dem Geschlecht (Jensen & Ebben, 2003, S. 348)

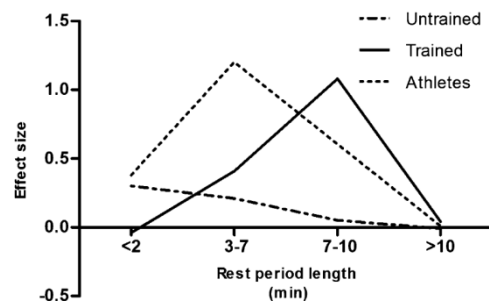


Abb. 24: Effektgrößen der Muskelleistung nach einer Vorbelastung mit hohem Zusatzgewicht in Abhängigkeit von der Pausenzeit und dem Trainingszustand (Wilson et al., 2013, S. 856)

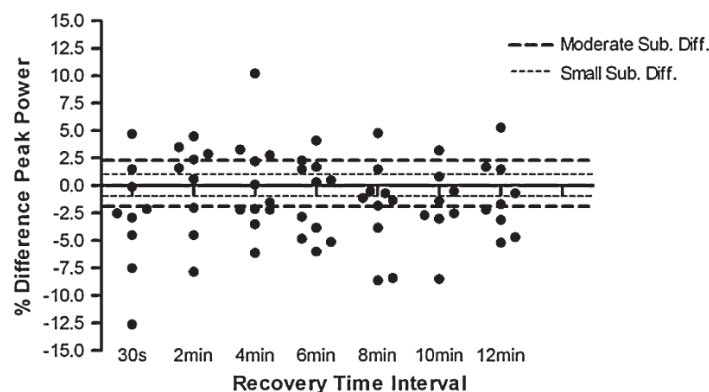


Abb. 25: Individuelle Maximalleistungen während des CMJ nach einer Vorbelastung mit 5-RM Kniebeuge in Abhängigkeit von der Pausenzeit (Nibali et al., 2011, S. 6)

2.3.6. Zusammenfassung Kapitel 2

Schnellkraftleistungen tragen in zahlreichen Sportarten und Disziplinen maßgeblich zum sportlichen Erfolg bei und werden u. a. vom initialen Kraftimpuls, der Kraftanstiegsrate und der Maximalkraft determiniert. Oftmals besitzt die Reaktivkraft im komplexen Schnellkraftverhalten des Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus eine besondere Bedeutung. Durch die Betrachtung akuter Belastungsreaktionen einzelner sich wiederholender Kontraktionen werden sowohl leistungssteigernde Effekte (postaktive Potenzierung) als auch leistungsmindernde Prozesse (Ermüdung) registriert. Diese beruhen z. T. auf komplexen biochemischen Prozessen und interagieren je nach Art der Belastungsanforderung und weiteren Einflussfaktoren. Im Zusammenwirken der Belastungsfaktoren spielt insbesondere der zeitliche Verlauf dieser Prozesse während und nach Beanspruchungen eine große Rolle für den Nachweis von Leistungssteigerungen bzw. –minderungen. Der Zeitverlauf wird folgend in Studie 1 analysiert.

Neben der Wirkungsanalyse akuter Belastungen ist außerdem die Entwicklung zyklisch eingesetzter Trainingsmethoden für eine effektive Verbesserung von Schnellkraftleistungen eine Zielstellung der Trainingswissenschaft. Unter den zahlreichen Krafttrainingsformen befinden sich Einzelmethoden, wie z. B. die Elektromyostimulation, das Krafttraining mit Zusatzlasten und das plyometrische Training. Diese bewirken spezifische Anpassungen und werden zudem als Kombinationsmethoden miteinander verbunden. Durch den Vergleich der Wirkung von Einzel- und Kombinationsmethoden wurden insbesondere die Kombination aus Kraft- und Plyometrietraining aber auch die Elektromyostimulation in Verbindung mit einem Plyometrietraining als Erfolg versprechende Trainingsinterventionen herausgestellt und folgend in Studie 2 thematisiert.

3. Studie 1 - Beanspruchungsreaktionen beim Counter-Movement-Jump nach dynamischer Vorbelastung und verschiedenen Pausenzeiten

3.1. Spezifische Problemstellung

Mit Hilfe der Analyse einzelner Belastungsparameter im Schnellkrafttraining ist eine Effektivitätssteigerung des Trainingsreizes möglich (Crewther, Cronin & Keogh, 2005; Toigo & Boutellier, 2006). Dies bedingt das Hervorrufen von spezifischen Trainingsadaptationen, die sich in Leistungssteigerungen ausdrücken können. Eine diesbezügliche Entwicklung betrifft vor allem innovative Methodenkombinationen (z. B. Komplextraining) innerhalb einer Trainingseinheit im Mehrsatztraining (Mester et al., 2009; Robbins & Docherty, 2005).

Einfluss auf die Qualität des Gesamttrainingsreizes in einer Trainingseinheit hat die Pausenzeit zwischen zwei Trainingsreizen (Übungen), im zu untersuchenden Fall zwischen einer Kraftübung mit Zusatzlast und einer plyometrischen Übungsform. Von

besonderem Interesse ist dabei, zu welchem Zeitpunkt das plyometrische Training dem Krafttraining mit Zusatzlast folgen soll. Die Belastung durch das Krafttraining mit Zusatzlasten verursacht eine Ermüdung. Gleichzeitig existieren körpereigene Mechanismen, sogenannte postaktive Potenzierungseffekte, die der Ermüdung entgegenwirken (Tillin & Bishop, 2009). Nach Sale (2002) erfolgt die Wiederherstellung nach der Ermüdung schneller als der Rückgang der Potenzierung. Dadurch ergeben sich Zeitfenster, in welchen eine erhöhte Leistungsfähigkeit (z. B. für Schnellkraftleistungen) ermöglicht wird. Erfolgt die Reizsetzung durch das plyometrische Training im optimalen Zeitfenster nach der potenzierungsinduzierenden Kraftbelastung, verspricht dies höhere Intensitäten und Anpassungsreize (Verkhoshansky, 1986; Verkhoshansky & Tatyan, 1973). Über die optimale Zeitdauer zwischen Vorbelastung und erhöhter Leistung während einer Nachbelastung, wird nach wie vor kontrovers diskutiert (Kilduff et al., 2007).

Es existieren einige Studien, die potenzierungs- bzw. ermüdungsbedingte Leistungsveränderungen der unteren Extremitäten nach verschiedenen Belastungsreizen und Pausenzeiten untersuchten (z. B. Babault et al., 2008; Chiu et al., 2004; Clark et al., 2006; Comyns, Harrison & Hennessy, 2005; Comyns et al., 2010; Duthie et al., 2002). Beispielsweise objektivierte Chaouachi et al. (2011) Potenzierungseffekte in Form von gestiegenen Maximalkraftwerten des m. quadriceps nach 10 isokinetischen Kontraktionen ($300^{\circ}/s$) nach 2 min Pausenzeit bei männlichen Jugendlichen. Faigenbaum et al. (2010) diagnostizierten signifikante Potenzierungswirkungen anhand der CMJ-Sprunghöhe (2,6 und 3,9 %) nach 2 min und 6 min eines Tonisierungsprogramms mit verschiedenen Übungen (z. B. Sprints). In beiden Studien wurden allerdings keine kürzeren Pausenzeiten analysiert.

Weiterhin liegen unterschiedliche Ergebnisse vor, welche Leistungssteigerungen und Pausenzeiten in Bezug auf das spezifische Komplexpaar „Kniebeuge+CMJ“ betreffen. In der Vergangenheit wurden leistungssteigernde Effekte, nach 5 min (Smith & Fry, 2007) oder nach 8-12 min (Kilduff et al., 2007), nachgewiesen. Sotiropoulos et al. (2010) stellten Leistungssteigerungen im CMJ (3,5 %) nach 2 Sätzen Halbkniebeugen mit ca. 30 % bzw. 55 % des EWM und 3 min Pausenzeit fest. Crewther et al. (2011) objektivierte signifikante Sprunghöhensteigerungen im CMJ nach 4 min (3,9 %), 8 min (3,5 %) und 12 min (3,0 %) eines Satzes mit 3-RM-Kniebeuge. Sowohl Mitchell und Sale (2011) als auch Young et al. (1998) konnten signifikante Leistungsverbesserungen im CMJ (2,8-2,9 %) nach 5-RM Kniebeuge feststellen. Der Leistungszuwachs wurde mit einer Pausenzeit von 4 min diagnostiziert. Comyns et al. (2006) untersuchten die Parameter „maximale Bodenreaktionskraft“ und „Flugzeit“ beim CMJ nach 5-RM Kniebeuge und verschiedenen Pausenzeiten (30 s, 2 min, 4 min, 6 min). Sie stellten ebenfalls Steigerungen nach 4 min Pausenzeit fest und objektivierte Reduzierungen nach 30 s bzw. 6 min. Im Gegensatz dazu konnten z. B. Chiu et al. (2003) keine Leistungsveränderungen im CMJ nach Kniebeugen mit Zusatzlast und Regenerationszeiten von 5 min oder 18,5 min nachweisen. Auch Jones und Lees (2003) diagnostizierten keine Leistungssteigerungen im CMJ und DJ nach 5 Kniebeugen mit 85 % des EWM und 3-minütigen Ruhezeiten. Scott und Docherty (2004) fanden ebenfalls keine signifikanten Änderungen im CMJ nach Kniebeugen

mit einer Zusatzlast von 5-RM und 5-minütigen Erholungszeiten. Ebenso stellten Witmer et al. (2010) keinerlei Leistungsveränderungen im CMJ nach drei Kniebeugen mit einer Zusatzlast von 70 % des EWM und einer Pausenzeit von 3 min fest.

In den Studien, die leistungssteigernde Wirkungen von Vorbelastungen untersuchten, wurden einerseits EMG-Aktivitätssteigerungen in Verbindung mit den akuten Leistungssteigerungen festgestellt (z. B. Sotiropoulos et al., 2010) und andererseits ermittelten Wissenschaftler keine Leistungs- und EMG-Aktivitätssteigerungen (Ebben et al., 2000; French et al., 2003; Jones & Lees, 2003). Während sich wiederholender maximaler CMJ können ermüdungsbedingte Veränderungen mit reduzierten Muskelaktivierungen von m. vastus lateralis, m. gastrocnemius und m. tibialis anterior einhergehen (McNeal, Sands & Stone, 2010). Dies kann sich u. a. in reduzierten maximalen Kraftwerten, erhöhten Zeitabständen zwischen maximalem Kraftwert und Abflug sowie reduzierten Knie- und Sprunggelenksbeugungen äußern.

Die meisten Studien zur Thematik untersuchten leistungssteigernde Effekte nach einem Satz einer bestimmten Vorbelastung (Baker, 2003; Docherty et al., 2004; Gourgoulis et al., 2003; Güllich & Schmidbleicher, 1996; Young et al., 1998). Da die Zielstellung von Querschnittstudien darin besteht, die PAP-Effekte im mehrwöchigen Mehrsatztraining (Komplextraining) anzuwenden und im Sinne von Adaptionen umzusetzen, ist es notwendig, den Leistungsverlauf der Ermüdungs- bzw. Potenzierungseffekte über mehrere Sätze zu betrachten (Clark et al., 2006; Duthie et al., 2002; Robbins & Docherty, 2005). Bisher existieren nur wenige Studien, die den Leistungsverlauf einer bestimmten Vorbelastung in diesem Umfang untersuchten, wobei keine Leistungsverbesserungen ermittelt wurden (Duthie et al., 2002; Robbins, 2005; Robbins & Docherty, 2005).

3.2. Ziele und Hypothesen

Aufgrund der komplexen Wechselwirkungen zwischen Ermüdungs- und Potenzierungseffekten, die nach einer Vorbelastung simultan auftreten, besteht das Hauptziel der Studie darin, leistungssteigernde Effekte während des CMJ nach einer dynamischen Vorbelastung in Abhängigkeit zur Pausenzeit zu analysieren. Aus diesem Grund werden zum einen kinematische und dynamographische Parameter betrachtet. Da die Potenzierungswirkung u. a. auf neuromuskuläre Veränderungen zurückzuführen ist, werden zum anderen EMG-bezogene Parameter erhoben. Das Belastungsregime (3 x Kniebeuge mit 87 % des EWM) wurde ausgewählt, um eine bessere Vergleichbarkeit mit anderen Studien zu gewährleisten (Baechle, Earle & Wathen, 2000; Comyns et al., 2006). Außerdem wird betrachtet, wie sich die leistungsmindernden bzw. -steigernden Prozesse nach wiederholten Reizsetzungen entwickeln. Diesbezüglich erfolgt eine viermalige Wiederholung der Vorbelastung (Kniebeuge) mit den CMJ nach verschiedenen Pausenzeiten im Sinne einer Kombination aus Kraft- und Plyometriebelastung über 4 Sätze. Anschließend wird einerseits die Entwicklung der Sprünge mit der gleichen Pausenzeit über 4 Sätze analysiert (z. B. Vergleich der 4 Sprünge mit einer Pausenzeit von 10 s untereinander).

Andererseits wird die Entwicklung der 4 Satzmittelwerte betrachtet, die jeweils aus den 6 verschiedenen Pausenzeitsprüngen eines Satzes bestehen (10 s, 1 min 2 min 3 min 4 min und 5 min).

Folgende Hypothesen werden formuliert:

Hypothese 1: Eine Belastung in Form von drei Kniebeugen mit einer Zusatzlast von 87 % des Einerwiederholungsmaximums (EWM) bewirkt signifikante Veränderungen kinematischer, dynamographischer und elektromyographischer Parameter während des Counter-Movement Jumps nach verschiedenen Pausenzeiten.

Hypothese 1.1: Es bestehen signifikante Sprunghöhenunterschiede im Vergleich der Sprünge vor der Belastung mit den Sprüngen nach der Belastung (Pausenzeiten: 10 s, 1 min, 2 min, 3 min, 4 min und 5 min).

Hypothese 1.2: Es bestehen signifikante Unterschiede im Parameter „Sprunghöhe“ im satzweisen Vergleich der Sprünge verschiedener Pausenzeiten untereinander.

Hypothese 1.3: Es bestehen signifikante Unterschiede im Parameter „Durchschnittsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Bewegungsphase“ im Vergleich der Sprünge vor der Belastung mit den Sprüngen nach der Belastung (Pausenzeiten: 10 s, 1 min, 2 min, 3 min, 4 min und 5 min).

Hypothese 1.4: Es bestehen signifikante Unterschiede im Parameter „Durchschnittsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Bewegungsphase“ im satzweisen Vergleich der Sprünge verschiedener Pausenzeiten untereinander.

Hypothese 1.5: Es bestehen signifikante Unterschiede im Parameter „Durchschnittskraft in der zweiten exzentrischen Phase“ im Vergleich der Sprünge vor der Belastung mit den Sprüngen nach der Belastung (Pausenzeiten: 10 s, 1 min, 2 min, 3 min, 4 min und 5 min).

Hypothese 1.6: Es bestehen signifikante Unterschiede im Parameter „Durchschnittskraft in der zweiten exzentrischen Phase“ im satzweisen Vergleich der Sprünge verschiedener Pausenzeiten untereinander.

Hypothese 1.7: Es bestehen signifikante Unterschiede im Parameter „Maximalimpuls“ im Vergleich der Sprünge vor der Belastung mit den Sprüngen nach der Belastung (Pausenzeiten: 10 s, 1 min, 2 min, 3 min, 4 min und 5 min).

Hypothese 1.8: Es bestehen signifikante Unterschiede im Parameter „Maximalimpuls“ im satzweisen Vergleich der Sprünge verschiedener Pausenzeiten untereinander.

Hypothese 1.9: Es bestehen signifikante Unterschiede im Parameter „Maximalleistung“ im Vergleich der Sprünge vor der Belastung mit den Sprüngen nach der Belastung (Pausenzeiten: 10 s, 1 min, 2 min, 3 min, 4 min und 5 min).

Hypothese 1.10: Es bestehen signifikante Unterschiede im Parameter „Maximalleistung“ im satzweisen Vergleich der Sprünge verschiedener Pausenzeiten untereinander.

Hypothese 1.11: Es bestehen signifikante Unterschiede im Parameter „mittlere Amplitude des m. vastus lateralis“ im Vergleich der Sprünge vor der Belastung mit den Sprüngen nach der Belastung (Pausenzeiten: 10 s, 1 min, 2 min, 3 min, 4 min und 5 min).

Hypothese 1.12: Es bestehen signifikante Unterschiede im Parameter „mittlere Amplitude des m. vastus lateralis“ im satzweisen Vergleich der Sprünge verschiedener Pausenzeiten untereinander.

Hypothese 1.13: Es bestehen signifikante Unterschiede im Parameter „maximale EMG-Amplitude des m. soleus“ im Vergleich der Sprünge vor der Belastung mit den Sprüngen nach der Belastung (Pausenzeiten: 10 s, 1 min, 2 min, 3 min, 4 min und 5 min).

Hypothese 1.14: Es bestehen signifikante Unterschiede im Parameter „maximale EMG-Amplitude des m. soleus“ im satzweisen Vergleich der Sprünge verschiedener Pausenzeiten untereinander.

Hypothese 1.15: Es bestehen signifikante Unterschiede im Parameter „prozentualer Anteil des m. rectus femoris an der Gesamtaktivität des m. quadriceps femoris“ im Vergleich der Sprünge vor der Belastung mit den Sprüngen nach der Belastung (Pausenzeiten: 10 s, 1 min, 2 min, 3 min, 4 min und 5 min).

Hypothese 1.16: Es bestehen signifikante Unterschiede im Parameter „prozentualer Anteil des m. rectus femoris an der Gesamtaktivität des m. quadriceps femoris“ im satzweisen Vergleich der Sprünge verschiedener Pausenzeiten untereinander.

Hypothese 1.17: Es bestehen signifikante Unterschiede im Parameter „Zeit bis zur maximalen Aktivität des m. biceps femoris“ im Vergleich der Sprünge vor der Belastung mit den Sprüngen nach der Belastung (Pausenzeiten: 10 s, 1 min, 2 min, 3 min, 4 min und 5 min).

Hypothese 1.18: Es bestehen signifikante Unterschiede im Parameter „Zeit bis zur maximalen Aktivität des m. biceps femoris“ im satzweisen Vergleich der Sprünge verschiedener Pausenzeiten untereinander.

Hypothese 2: Hinsichtlich der unterschiedlichen Satzanzahl (1.-4. Satz) erfolgt eine signifikante Veränderung von kinematischen, dynamographischen und elektromyographischen Parametern während des Counter-Movement Jumps nach einer wiederholten Vorbelastung in Form von drei Kniebeugen mit einer Zusatzlast von 87 % des Einerwiederholungsmaximums. Diese Veränderung äußert sich einerseits in der Betrachtung der Satzmittelwerte (gemittelt über die verschiedenen Pausenzeitsprünge in einem Satz), als auch im satzweisen Vergleich der 4 Sprünge mit der gleichen Pausenzeit.

Hypothese 2.1: Es bestehen signifikante Unterschiede zwischen den Satzmittelwerten (gemittelt über die verschiedenen Pausenzeiten in einem Satz) im Parameter „Sprunghöhe“.

Hypothese 2.2: Im satzweisen Vergleich der Sprünge mit der gleichen Pausenzeit (10 s, 1 min, 2 min, 3 min, 4 min und 5 min) gibt es signifikante Unterschiede im Parameter „Sprunghöhe“.

Hypothese 2.3: Es bestehen signifikante Unterschiede zwischen den Satzmittelwerten (gemittelt über die verschiedenen Pausenzeiten) im Parameter „Durchschnittsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Bewegungsphase“.

Hypothese 2.4: Im satzweisen Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit (10 s, 1 min, 2 min, 3 min, 4 min und 5 min) gibt es signifikante Unterschiede im Parameter „Durchschnittsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Bewegungsphase“.

Hypothese 2.5: Es bestehen signifikante Unterschiede zwischen den Satzmittelwerten (gemittelt über die verschiedenen Pausenzeiten) im Parameter „Durchschnittskraft in der zweiten exzentrischen Phase“.

Hypothese 2.6: Im satzweisen Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit (10 s, 1 min, 2 min, 3 min, 4 min und 5 min) gibt es signifikante Unterschiede im Parameter „Durchschnittskraft in der zweiten exzentrischen Phase“.

Hypothese 2.7: Es bestehen signifikante Unterschiede zwischen den Satzmittelwerten (gemittelt über die verschiedenen Pausenzeiten) im Parameter „Maximalimpuls“.

Hypothese 2.8: Im satzweisen Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit (10 s, 1 min, 2 min, 3 min, 4 min und 5 min) gibt es signifikante Unterschiede im Parameter „Maximalimpuls“.

Hypothese 2.9: Es bestehen signifikante Unterschiede zwischen den Satzmittelwerten (gemittelt über die verschiedenen Pausenzeiten) im Parameter „Maximalleistung“.

Hypothese 2.10: Im satzweisen Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit (10 s, 1 min, 2 min, 3 min, 4 min und 5 min) gibt es signifikante Unterschiede im Parameter „Maximalleistung“.

Hypothese 2.11: Es bestehen signifikante Unterschiede zwischen den Satzmittelwerten (gemittelt über die verschiedenen Pausenzeiten) im Parameter „mittlere Aktivierung des m. vastus lateralis“.

Hypothese 2.12: Im satzweisen Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit (10 s, 1 min, 2 min, 3 min, 4 min und 5 min) gibt es signifikante Unterschiede im Parameter „mittlere Aktivierung des m. vastus lateralis“.

Hypothese 2.13: Es bestehen signifikante Unterschiede zwischen den Satzmittelwerten (gemittelt über die verschiedenen Pausenzeiten) im Parameter „maximale EMG-Amplitude des m. soleus“.

Hypothese 2.14: Im satzweisen Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit (10 s, 1 min, 2 min, 3 min, 4 min und 5 min) gibt es signifikante Unterschiede im Parameter „maximale EMG-Amplitude des m. soleus“.

Hypothese 2.15: Es bestehen signifikante Unterschiede zwischen den Satzmittelwerten (gemittelt über die verschiedenen Pausenzeiten) im Parameter „prozentualer Anteil des m. rectus femoris an der Gesamtaktivität des m. quadriceps femoris“.

Hypothese 2.16: Im satzweisen Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit (10 s, 1 min, 2 min, 3 min, 4 min und 5 min) gibt es signifikante Unterschiede im Parameter „prozentualer Anteil des m. rectus femoris an der Gesamtaktivität des m. quadriceps femoris“.

Hypothese 2.17: Es bestehen signifikante Unterschiede zwischen den Satzmittelwerten (gemittelt über die verschiedenen Pausenzeiten) im Parameter „Zeit bis zur maximalen Aktivität des m. biceps femoris“.

Hypothese 2.18: Im satzweisen Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit (10 s, 1 min, 2 min, 3 min, 4 min und 5 min) gibt es signifikante Unterschiede im Parameter „Zeit bis zur maximalen Aktivität des m. biceps femoris“.

3.3. Methoden und Materialien

3.3.1. Probanden

An der Studie nahmen 11 Versuchspersonen (VP) im Alter von 20 bis 33 Jahren teil. Die Probanden waren männliche Sportstudenten, die verschiedene Sportarten mit Anforderungen an die Schnellkraftfähigkeiten, insbesondere der unteren Extremitäten (Auswahlkriterium), betrieben. Die Sportler trainierten ambitioniert ca. 8 Stunden pro Woche und verfügten über Erfahrungen im Krafttraining mit Zusatzlasten. Die Teilnehmer erhielten vor der Studie relevante Informationen bezüglich des Ziels, des Ablaufs und der Risiken der Studie und erklärten anschließend ihr Einverständnis. Tabelle 8 zeigt ausgewählte Charakteristika der Probandengruppe.

Tab. 8: Beschreibung der Probandengruppe

Proband-Nr. (Namenskürzel)	Alter (Jahre)	Gewicht (kg)	maximal bewältigte Kniebeugemasse (kg)	Sportart
AB	33	90	181	Eisschnellauf - Sprint
AS	28	78	198	Basketball, LA
CK	26	83	198	Kraftdreikampf
CP	20	62	135	Handball
MP	24	87	177	Kampfsport Ju Jutsu
RB	24	80	146	LA - Mehrkampf
RF	22	60	126	LA - Sprint
RL	20	76	155	Tischtennis
TK	23	65	146	Tischtennis

TL	22	72	135	Volleyball
TO	33	93	189	Inline Speed Skating
Gruppenmittel	25	76,9	162,4	

3.3.2. Planung und Durchführung der Studie

Um leistungsrelevante Parameter zu unterschiedlichen Zeitpunkten in der Nachbelastungsphase zu ermitteln, absolvierten alle Teilnehmer zu Beginn der Studie einen Maximalkrafttest. Dieser wurde durchgeführt, um die ausgewählte Belastungsintensität von 87 % des EWM für die Pausenzeitstudie zu bestimmen (Comyns et al., 2006; Güllich & Schmidbleicher, 1996). Anschließend erfolgte an unterschiedlichen Vormittagen die Erhebung der Daten der verschiedenen Probanden. Zu beiden Testterminen erschienen sie in einem ausgeruhten Zustand (zuvor mindestens 72 Stunden lang kein Training).

Bestimmung der dynamischen Maximalkraft

Zur Bestimmung der dynamischen Maximalkraft wurde das Einerwiederholungsmaximum (englisch: repetition maximum - RM) durch Kniebeuge mit Zusatzlast ermittelt. Diesbezüglich war der Proband anwesend sowie zwei Testleiter, die einen standardisierten und sicheren Ablauf gewährleisteten. Aufgrund der Verletzungsgefahr beim Ausreizen der Belastungsgrenze wurde zunächst das maximale Gewicht ermittelt, das der Sportler 3 x mit der Kniebeuge bewältigen konnte. Hinsichtlich des Ablaufs und der Bewegungstechnik wurden u. a. die Vorgaben von Baechle et al. (2000) und O'Shea (1985) beachtet.

Nach Instruktion der Probanden hinsichtlich des organisatorischen Ablaufs, der spezifischen Bewegungsmerkmale, der Hilfestellung und möglicher Risiken, erfolgte eine standardisierte Erwärmung (2 min Ergometerlauf, 1 min Pause, 2 x 50 Seilsprünge mit 1 min Satzpause, 1 min Pause, 10 x Kniebeuge mit 20 kg Langhantelstange, 2 min Pause). Anschließend wurde ein auf der Trainingserfahrung des Sportlers beruhendes Einstiegsgewicht aufgelegt und die Teilnehmer führten damit Kniebeuge (bis 90° Kniewinkel) aus. Konnten mehr als drei Wiederholungen durchgeführt werden, pausierte der Proband zur Wiederherstellung der energiegelbereitestellenden und nervalen Systeme für 5 min (Schmidbleicher, 1992; Scott & Docherty, 2004), bevor der Test mit einem höheren Gewicht wiederholt wurde. Insgesamt durften die Sportler maximal drei Versuche durchführen. Das EWM wurde anhand Tabelle 9 bestimmt (Poliquin, 1987), wenn die Sportler im dritten Versuch nicht drei Wiederholungen durchführten. Abschließend erhielten die Teilnehmer Informationen zum Ablauf des zweiten Testtermins sowie den relevanten Verhaltensweisen während der 3-tägigen Pause.



Tab. 9: Zusammenhang zwischen Maximalleistung (%) und Wiederholungszahl (Poliquin, 1987, S. 129-139)

Maximale Wiederholungszahl	Maximalleistung (%)
1	100,0
2	94,3
3	90,6
4	88,1
5	85,1
6	83,1

Durchführung der Pausenzeitstudie

Zu Beginn der Studie erfolgte die Vorbereitung der Probanden (Hautvorbereitung und Elektrodenapplikation, vgl. Tab. 10). Anschließend führten die Teilnehmer das gleiche Erwärmungsprogramm durch, welches zur Bestimmung der dynamischen Maximalkraft verwendet wurde. Nach der Kabelfixierung, der Verbindung mit den Testgeräten und der Signalkontrolle erfolgten die Instruktionen zur Gestaltung der Kniebeuge (z. B. Absenken bis auf 90° des Kniewinkels, explosive Bewegungsausführung) und der CMJ-Sprungtechnik (z. B. Handfixierung an der Hüfte, Bewegungsfluss, Absenken bis auf 90° des Kniewinkels). Danach wurde das gesamte Testprogramm absolviert (vgl. 10). Das Testende bestand aus der Entkabelung, der Entfernung der Elektroden und Marker sowie der Danksagung.

Tab. 10: Ablauf der Pausenzeitstudie

<p>1. Vorbereitung und Erwärmung</p> 	<p>3. Kniebeuge (3 x) mit 87 % EWM</p> 
<p>2. Referenzsprünge</p> <ul style="list-style-type: none"> - 5 x unvorbelastete maximale CMJ im Abstand von 1 min - anschließend Pause: 2 min 	<p>4. Sprungserie mit je einem CMJ nach:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 10 s/ 1 min/ 2 min/ 3 min/ 4 min/ 5 min <p>Wiederholung von 3. und 4.: 3 x mit je einer Satzpause von 1 min</p>

Die spezifische Art der Vorbelastung (Kniebeuge mit Zusatzlast) und Intensität wurde gewählt, da verschiedene Untersuchungen damit bereits Potenzierungseffekte nachwiesen (z. B. Young et al., 1998). Güllich und Schmidtbleicher (1996) erwähnen z. B., dass Intensitäten von weniger als 85 % des EWM keine Potenzierungsprozesse auslösen. Der CMJ wurde u. a. wegen der Vergleichbarkeit mit anderen Studien ausgewählt (Gourgoulis et al., 2003; Güllich & Schmidtbleicher, 1996; Robbins & Docherty, 2005). Da ein Forschungsdefizit im Mehrsätztraining besteht (Robbins & Docherty, 2005), wurde das Komplexpaar (Kniebeuge+CMJ) über 4 Sätze wiederholt. Die Analyse der verschiedenen Pausenzeiten erfolgte in einer Testeinheit, da Jensen und Ebben (2003) bereits herausfanden, dass es zu keiner Beeinflussung zwischen den Sprüngen kommt und Ergebnisse somit auf die Gestaltung der Vorbelastung zurück zu führen sind (Faigenbaum et al., 2010; Witmer et al., 2010).

3.3.3. Datenaufnahme

Zur Ermittlung der Schnellkraftfähigkeiten der unteren Extremitäten wurde ein vertikaler Sprungtest eingesetzt. Die Testbewegung bestand aus einem Counter-Movement-Jump. Dieser CMJ-Test wird als reliabler Test mit einem Intraclass Correlation Coefficient (ICC) über 0,90 angesehen (Jones & Lees, 2003). Während der Sprungauführung standen die Probanden zunächst im schulterbreiten Stand mit den Händen an der Hüfte in Ausgangsstellung. Anschließend erfolgte die Beugung der Gelenke bis zu einem Kniewinkel von 90° und die unmittelbare Streckung in einer zeitharmonisierten Bewegung. Ein bewusstes Beugen der Kniegelenke während der Landung wurde aufgrund der folgenden Parameterberechnungen nicht gestattet.

Dynamische Kraftmessung

Die Counter-Movement-Jumps wurden auf einer 1 x 1 m großen piezoelektrischen Kraftmessplattform (Typ 9290AD) der Firma Kistler (Kistler Instrumente GmbH, 73760 Ostfildern, Deutschland) ausgeführt. Dabei wurden die Bodenreaktionskräfte mit einer Messfrequenz von 500 Hz aufgezeichnet. Die Veranschaulichung und Speicherung der Daten erfolgte mit einer Software der Firma Kistler „Quattro Jump“ (Version: 1.0.9.2.). Zudem wurde das Einlesen der Daten über eine 16-Kanal-Input-Box der Firma Biovision und die anschließende Speicherung mit der Software DasyLab (Version 9.0) realisiert. Aufgrund der Kontroll- und späteren Synchronisierungsfunktion mit den EMG-Daten wurden die Daten doppelt aufgezeichnet.

Elektromyographische Messung

Mit dem Verfahren der bipolaren Oberflächenelektromyographie wurden die Aktivitäten folgender Muskeln aufgezeichnet:

- | | |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| - m. biceps femoris caput longum | - m. gastrocnemius caput laterale |
| - m. rectus femoris | - m. gastrocnemius caput mediale |
| - m. vastus lateralis | - m. soleus |
| - m. vastus medialis | - m. tibialis anterior |

Für eine hochwertige Signalaufnahme wurden folgende Arbeitsschritte durchgeführt (Freiwald, Baumgart & Konrad, 2007; Freriks & Hermens, 1999): Lokalisierung der Muskeln, Haarentfernung, Aufrauung der Haut mit feinem Sandpapier, Hautreinigung mit Alkohol, Bekleben der Elektroden parallel zum Muskelfaserverlauf über den motorischen Punkten der Muskeln (Interelektrodenabstand 2 cm), Applikation der Referenzelektrode (Tibiaplateau) und Kabelfixierung mit Kabelbindern und Netzstrümpfen. Danach erfolgte die Aufnahme des Signals mit einer 15-Kanal-Steckplatine der Firma Biovision, die Digitalisierung der Daten mit einer PCMCIA Card der Firma Quatech (DAQP-16) und die Veranschaulichung mit der Software DasyLab 9.0. Vor der Datenaufnahme mit 1000 Hz wurde die Signalqualität aller Kanäle überprüft.

3.3.4. Datenverarbeitung

Die Rohdaten (Kraft, EMG) wurden zunächst mit der Software DasyLab 9.0 aufgenommen (ASCII-Format). Anschließend erfolgte mit der Software MatLab (MathWorks™; MatLab R2006a; Natick, Massachusetts, USA) die Berechnung weiterer Parameter für die Datenauswertung. Diesbezüglich wurden mit den EMG-Daten ein Nullabgleich, eine Gleichrichtung und Filterung (10 Hz Butterworth Tiefpassfilter 2. Ordnung) durchgeführt (Stutzig, 2009). Die Kraftdaten wurden durch die Masse der Probanden dividiert, um die Beschleunigungswerte zu berechnen. Danach wurde die doppelte Integration zur Berechnung der Geschwindigkeits- und Wegdaten angewendet.

Zur Analyse ermüdungs- bzw. potenzierungsbedingter Veränderungen und möglicher Ursachen (z. B. neuromuskuläre Veränderungen) wurden folgende kinematische, dynamographische und elektromyographische Parameter betrachtet:

- Sprunghöhe,
- Bewegungsgeschwindigkeit,
- Kraft,
- Impuls,
- Leistung,
- IEMG,
- EMG,
- prozentualer Anteil einzelner Muskeln an der Gesamtaktivität einer Muskelgruppe,
- Zeit bis zur Maximalaktivität eines Muskels.

Die Ermittlung der benannten Parameter erfolgte in 4 verschiedenen Phasen des CMJ. Dabei wurden je zwei exzentrische und konzentrische Phasen betrachtet (vgl. Abb. 26).

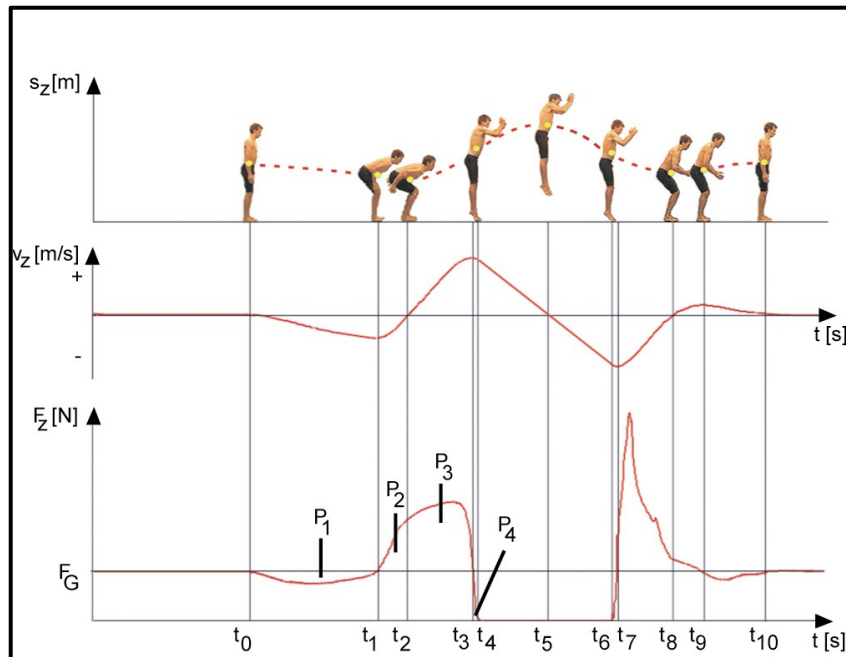


Abb. 26: Vertikale Weg-Zeit-, Geschwindigkeits-Zeit- und Kraft-Zeit-Verläufe beim CMJ (Olivier & Rockmann, 2003, S. 43)

Der Beginn der ersten exzentrischen Phase wurde als die erste kontinuierliche Reduktion der vertikalen Kraft (F_Z zum Zeitpunkt t_0) definiert. Als Ende der ersten Phase und zugleich Beginn der zweiten exzentrischen Phase wurde die maximale, abwärts gerichtete Geschwindigkeit festgelegt (v_Z zum Zeitpunkt t_1). Das Ende der zweiten Phase bzw. der Anfang der ersten konzentrischen Phase bestand im tiefsten Punkt des KSP, welcher durch den Nullwert der vertikalen Geschwindigkeit ermittelt wurde (v_Z zum Zeitpunkt t_2). Das Ende der ersten konzentrischen Phase bzw. der Anfang der zweiten konzentrischen Phase wurde als das vertikale Geschwindigkeitsmaximum bestimmt (v_Z zum Zeitpunkt t_3). Das Verlassen der Kraftmessplatte mit den Füßen wurde als Ende der zweiten konzentrischen Phase definiert (t_4).

3.3.5. Datenauswertung

Die statistische Bearbeitung der Daten erfolgte mit der Software SPSS (Version 19). Die Daten wurden bezüglich der Mittelwerte ausgewertet (Anhang: Standardabweichungen). Die Prüfung von Unterschieden zwischen den verschiedenen Pausenzeiten in bzw. zwischen den Sätzen wurde mit der einfaktoriellen Anova mit Messwiederholung durchgeführt (Young et al., 1998). Dazu wurde zunächst die Prüfung der abhängigen Stichproben auf Normalverteilung mit dem Kolmogoroff-Smirnov-Test durchgeführt. Anschließend wurde als Voraussetzung für die Durchführung einer Anova mit Messwiederholung die Überprüfung der Sphärizität mit dem Mauchly-Test vorgenommen. Wenn dieser Test eine Verletzung der Sphärizitätsannahme ergab, wurde folglich das Korrekturverfahren Greenhouse-Geisser angewendet. Im Falle der Signifikanz bei der Durchführung der Anova mit Messwiederholung fand eine genauere Prüfung mittels gepaarter T-Tests statt (Bortz & Schuster, 2010; Leonhart &

Schornstein, 2004; Rasch, Hofmann, Frieze & Naumann, 2010). Das Signifikanzniveau wurde auf $P \leq 0,05$ festgelegt und Kennzeichnungen in der Ergebnisdarstellung wurden gemäß Tabelle 11 verwendet.

Tab. 11: Irrtumswahrscheinlichkeiten, Bedeutungen und Symbolisierungen (Bühl, 2008, S. 121)

Irrtumswahrscheinlichkeit	Bedeutung	Symbol
$P > 0,05$	nicht signifikant	n.s.
$P \leq 0,05$	signifikant	*
$P \leq 0,01$	hoch signifikant	**
$P \leq 0,001$	höchst signifikant	***

3.4. Ergebnisse der Pausenzeitstudie

Die Ergebnisdarstellung auf den folgenden Seiten zeigt ausgewählte Parameter der Pausenzeitstudie. Die Auswahl betrifft insbesondere die EMG-bezogenen Daten, die nur für diejenigen Muskeln und Parameter präsentiert werden, die signifikante Veränderungen aufwiesen. Es werden die jeweiligen Parameter in ihren Einheiten als tatsächliche Messwerte, berechnete Parameter oder als Abweichung zum Mittelwert der Kontrollsprünge angegeben. Um Parameterveränderungen zu untersuchen, werden sowohl die Gesamtverläufe (alle Sprünge und Sätze) als auch ausgewählte Sprünge bzw. Sätze betrachtet.

3.4.1. Parameter: Sprunghöhe

Die Abbildung 27 zeigt die Sprunghöhe der Sportler während des CMJ nach der Vorbelastung (Kniebeuge mit 87 % des EWM) zu verschiedenen Zeitpunkten. In Bezug auf den Mittelwert der Kontrollsprünge (gestrichelte Linie) erscheint ein Muster, das sich 4 Sätze lang wiederholt. Dieses Muster resultiert vor allem aus erhöhten Sprunghöhen nach 1 min Pausenzeit gegenüber den Kontrollsprüngen (signifikant in den ersten zwei Sätzen) und tendenziell reduzierten Sprunghöhen nach 10 s Pausenzeit (vgl. Tab. 19-22 Anhang). Außerdem wird deutlich, dass die Sprunghöhen von Satz zu Satz abnehmen, bis schließlich alle Sprunghöhen unter dem Mittelwert der Kontrollsprünge liegen (4. Satz).

In der Unterschiedsprüfung der Satzmittelwerte (gemittelt über die verschiedenen Pausenzeiten eines Satzes) wurde das Signifikanzniveau mit $p = 0,057$ verfehlt (vgl. Tab. 29, 30 Anhang).

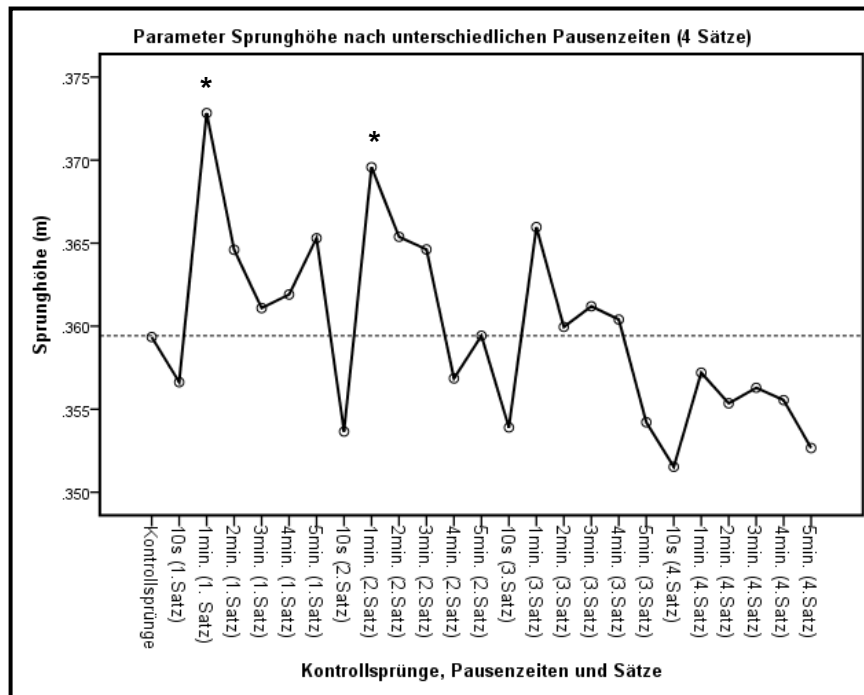


Abb. 27: Sprunghöhe nach unterschiedlichen Pausenzeiten (4 Sätze;
* symbolisiert den signifikanten Unterschied zu den Kontrollsprüngen)

Signifikante Unterschiede ergeben sich zwischen den Sprüngen verschiedener Pausenzeiten (gemittelt über 4 Sätze; vgl. Tab. 23, 24 Anhang). Dabei erreichen die Sportler signifikant höhere Sprünge nach 1 min im Vergleich zu den Kontrollsprüngen und den Sprüngen anderer Pausenzeiten (Abb. 28, vgl. Tab. 25 Anhang). Für die Sprünge mit 1 min Pausenzeit wurden signifikante Differenzen zwischen den Sätzen festgestellt. Dabei unterscheidet sich der Sprung des 4. Satzes signifikant von den Sprüngen der Sätze 1, 2 und 3 (vgl. Abb. 29, Tab. 26-28 Anhang).

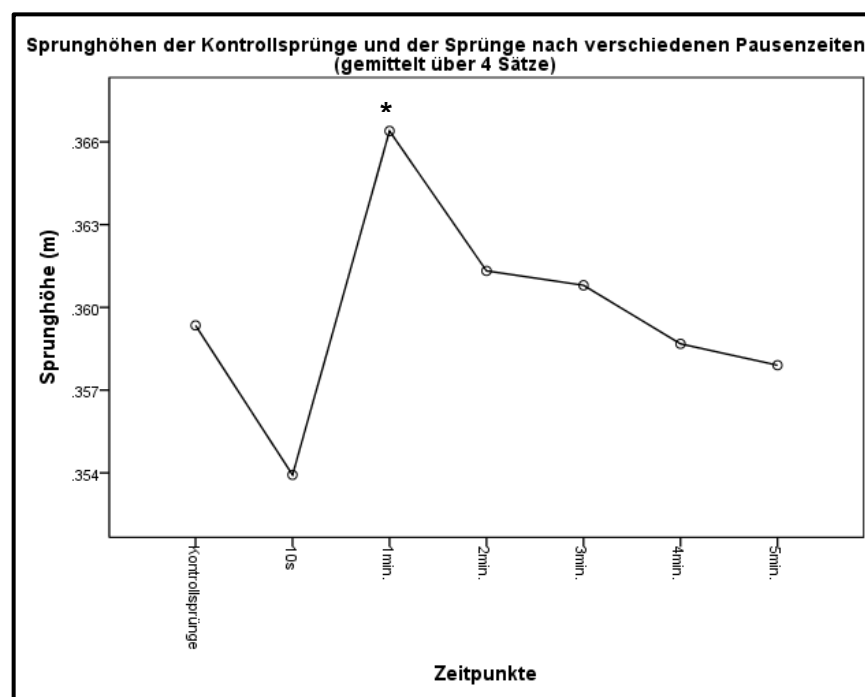


Abb. 28: Sprunghöhen der Kontrollsprünge und der Sprünge nach verschiedenen Pausenzeiten (* symbolisiert den signifikanten Unterschied der Sprünge nach 1 min zu allen anderen Vergleichswerten)

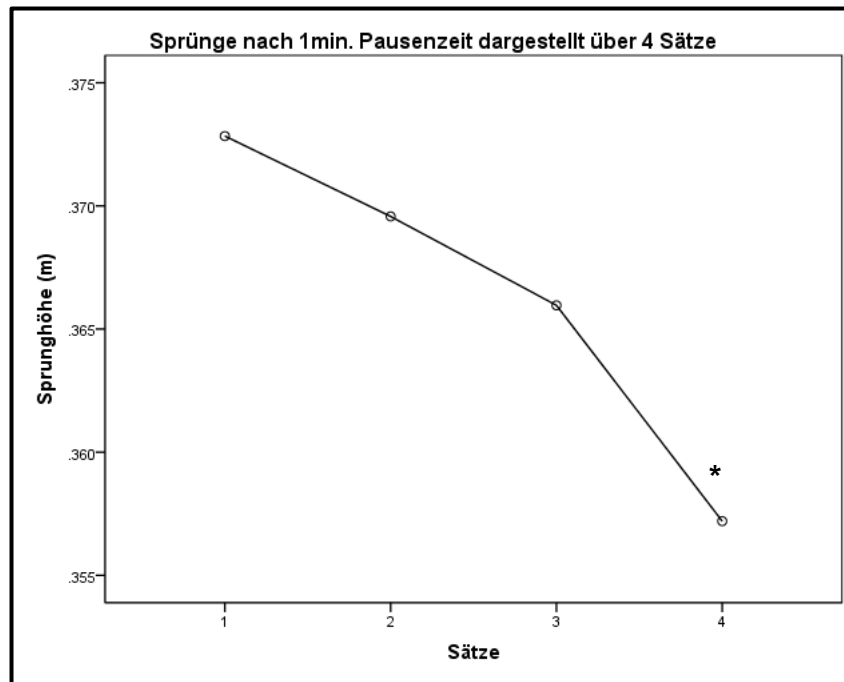


Abb. 29: Sprunghöhen der Sprünge mit 1 min Pausenzeit (* symbolisiert die signifikanten Unterschiede des 4. Satzes gegenüber den Sätzen 1 bis 3)

Aufgrund dieser Ergebnisse werden die Hypothesen 1.1, 1.2 und 2.2 angenommen und die Hypothese 2.1 abgelehnt.

1.1) Es bestehen signifikante Sprunghöhenunterschiede im Vergleich des Mittelwertes der Kontrollsprünge vor der Belastung und den Sprüngen nach der Vorbelastung. Diese betreffen die Sprünge nach 1 min Pausenzeit.

1.2) Im Vergleich der Sprünge verschiedener Pausenzeiten bestehen signifikante Unterschiede. Diese betreffen die Sprünge mit 1 min Pausenzeit gegenüber den Sprüngen anderer Pausenzeiten.

2.1) Es bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Satzmittelwerten (gemittelt über die verschiedenen Pausenzeiten eines Satzes).

2.2) Im satzweisen Vergleich der Sprünge mit der gleichen Pausenzeit bestehen signifikante Unterschiede. Diese betreffen den Sprung nach 1 min Pausenzeit im 4. Satz, der sich signifikant von den Sprüngen in den Sätzen 1-3 unterscheidet.

3.4.2. Parameter: Mittlere Geschwindigkeit der ersten konzentrischen Phase

Die Abbildung 30 zeigt die mittlere Bewegungsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Phase des CMJ nach unterschiedlichen Pausenzeiten zur Vorbelastung (gemittelt über 4 Sätze). Es zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen den Kontrollsprüngen und den Pausenzeitsprüngen nach 10 s, 3 min, 4 min und 5 min sowie zwischen den Sprüngen mit einer Pausenzeit von 1 min gegenüber Sprüngen mit einer Pausenzeit von 2 min, 3 min oder 5 min (vgl. Tab. 35-37 Anhang).

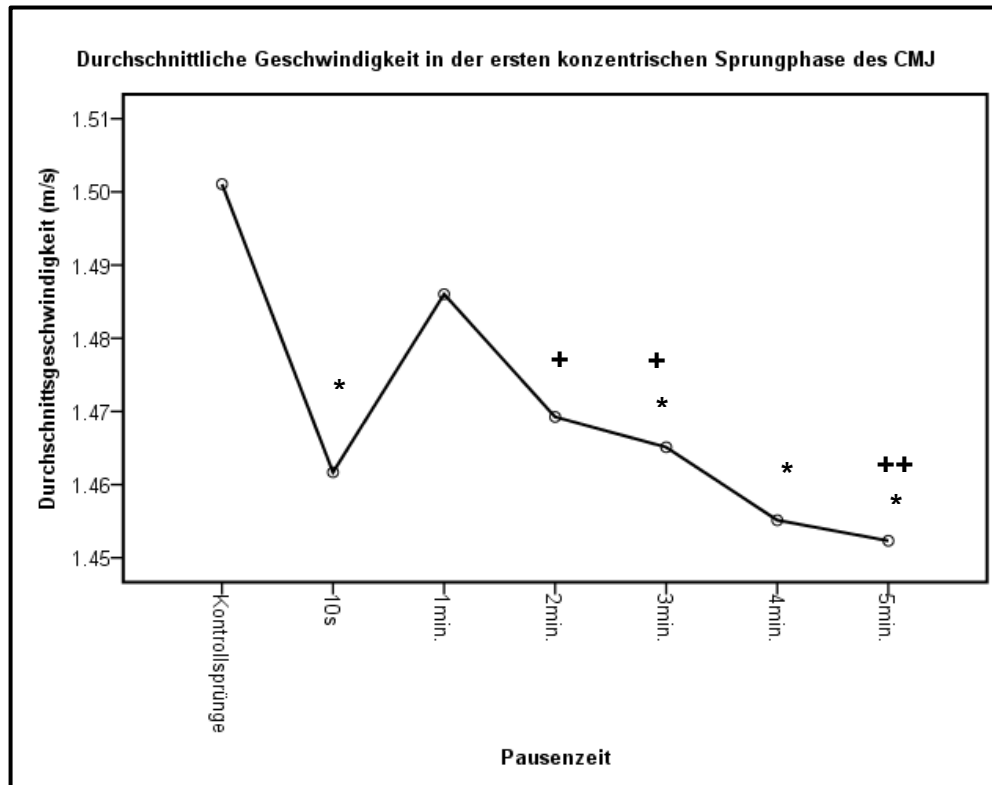


Abb. 30: Durchschnittliche Bewegungsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Phase des CMJ (Pausenzeitsprünge gemittelt über 4 Sätze; * symbolisiert signifikante Unterschiede zu den Kontrollsprüngen; + bzw. ++ symbolisieren signifikante bzw. hoch signifikante Unterschiede zu den Pausenzeitsprüngen nach 1 min)

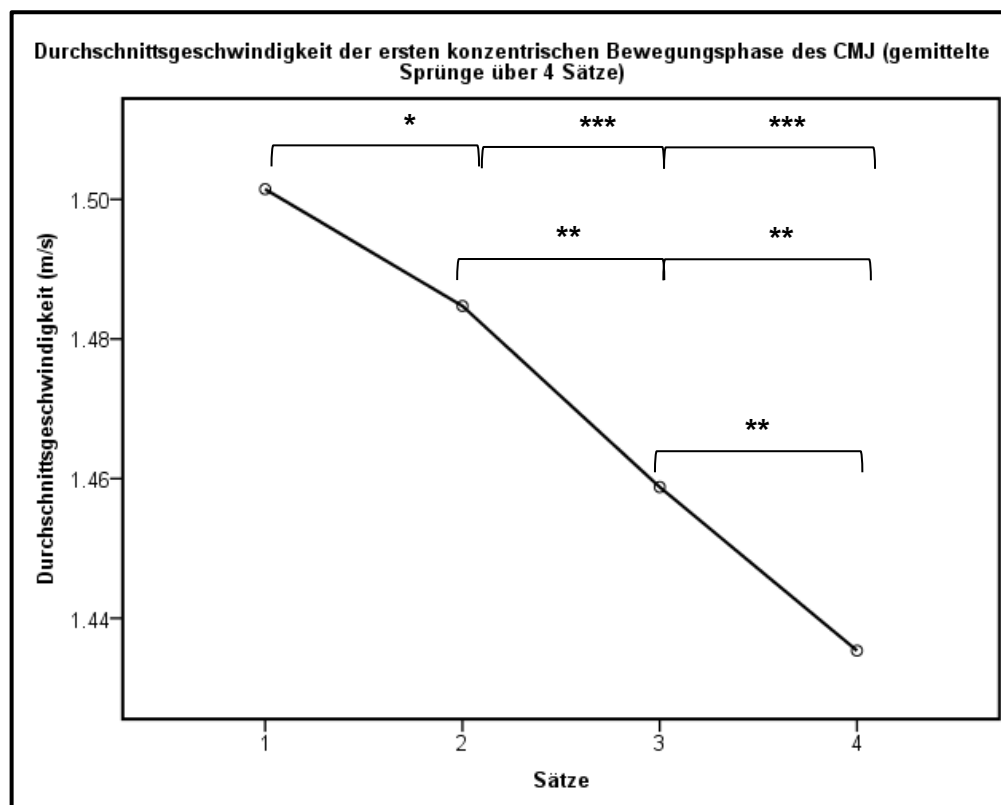


Abb. 31: Durchschnittliche Bewegungsgeschwindigkeit aller Sprünge in der ersten konzentrischen Phase des CMJ (Sprünge unterschiedlicher Pausenzeiten gemittelt über 4 Sätze; *, ** und *** symbolisieren signifikante bis höchst signifikante Unterschiede)

Im Vergleich der Kontrollsprünge mit den einzelnen Pausenzeitsprüngen zeigen sich teilweise signifikante bzw. hoch signifikante Unterschiede v. a. im dritten und vierten Satz. Teilweise signifikante und hoch signifikante Unterschiede sind ebenfalls im Vergleich der einzelnen Pausenzeitsprünge untereinander festzustellen (vgl. Tab. 31-34 Anhang).

In der Unterschiedsprüfung der Satzmittelwerte (gemittelt über die verschiedenen Pausenzeiten) wurden signifikante Unterschiede zwischen den Sätzen ermittelt (vgl. Abb. 31; Tab. 56-58 Anhang).

Im satzweisen Vergleich der Sprünge mit der gleichen Pausenzeit ergaben sich signifikante bzw. hoch signifikante Unterschiede (vgl. Tab. 38-55 Anhang). Dabei wurden vor allem Unterschiede zwischen den ersten beiden Sätzen gegenüber den Sätzen 3 und 4 festgestellt.

Aufgrund dieser Ergebnisse werden die Hypothesen 1.3, 1.4, 2.3 und 2.4 angenommen.

1.3) Es bestehen signifikante Unterschiede im Vergleich des Mittelwertes der Kontrollsprünge vor der Belastung mit den Sprüngen nach der Vorbelastung. Diese betreffen die Sprünge mit einer Pausenzeit von 10 s, 3 min, 4 min und 5 min.

1.4) Im satzweisen Vergleich der Sprünge zu verschiedenen Pausenzeiten untereinander bestehen signifikante Unterschiede. Diese betreffen die Sprünge nach 1 min Pausenzeit gegenüber den Sprüngen nach 2 min, 3 min und 5 min.

2.3) Es bestehen signifikante Unterschiede zwischen den Satzmittelwerten (gemittelt über die verschiedenen Pausenzeiten).

2.4) Im satzweisen Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit gibt es signifikante Unterschiede. Dies sind Unterschiede der ersten beiden Sätze gegenüber den Sätzen 3 und 4.

3.4.3. Parameter: Mittlere Kraft in der zweiten exzentrischen Phase

Abbildung 32 zeigt, dass sich die Sprünge mit einer Pausenzeit von 1 min, 2 min und 3 min signifikant bzw. hoch signifikant von den Kontrollsprüngen unterscheiden. Des Weiteren heben sich die Pausenzeitsprünge nach einer Minute signifikant bzw. hoch signifikant von denen nach 3 min, 4 min und 5 min ab sowie die Pausenzeitsprünge nach zwei Minuten von denen nach 5 min (vgl. Tab. 63-65 Anhang).

Im Vergleich der Kontrollsprünge mit den einzelnen Pausenzeitsprüngen zeigen sich teilweise signifikante bis höchst signifikante Unterschiede in den letzten beiden Sätzen. Im Vergleich der einzelnen Pausenzeitsprünge untereinander sind ebenfalls teilweise signifikante und hoch signifikante Unterschiede in den Sätzen festzustellen (vgl. Tab. 59-62 Anhang).

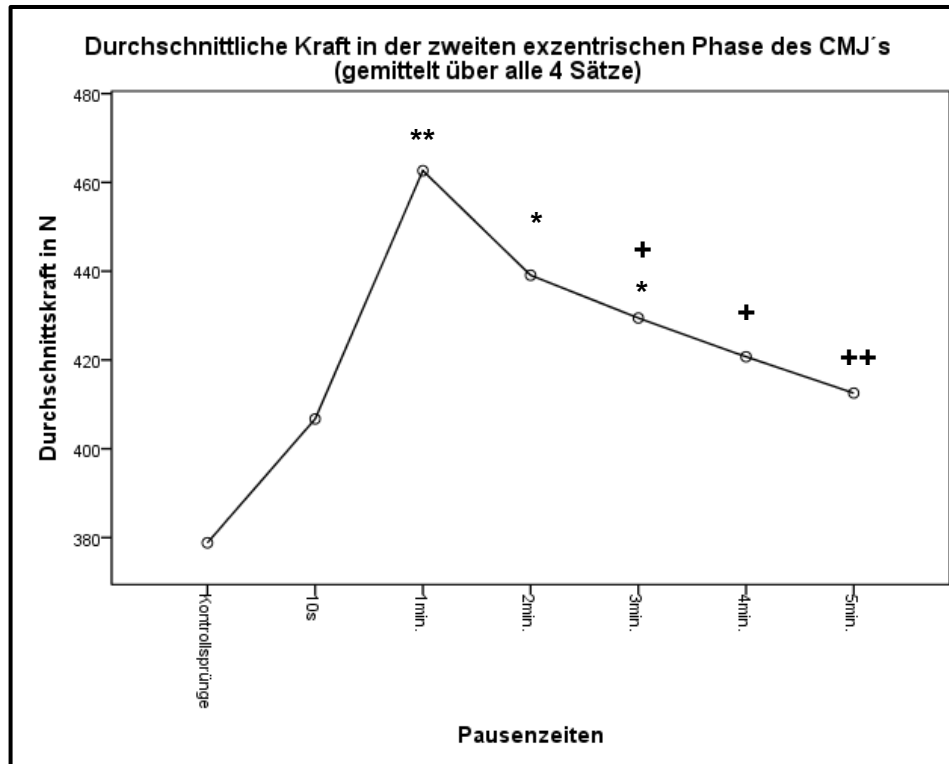


Abb. 32: Durchschnittliche Kraft in der zweiten exzentrischen Phase des CMJ (Pausenzeiten gemittelt über alle 4 Sätze; * und ** symbolisieren signifikante bzw. hoch signifikante Unterschiede zu den Kontrollsprüngen; + und ++ zu den Sprüngen mit 1 min Pausenzeit)

In der Unterschiedsprüfung der Satzmittelwerte (gemittelt über die verschiedenen Pausenzeiten) wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Sätzen ermittelt (vgl. Tab. 78,79 Anhang). Im satzweisen Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit gibt es keine signifikanten Unterschiede (vgl. Tab. 66-77 Anhang).

Aufgrund dieser Ergebnisse werden die Hypothesen 1.5 und 1.6 angenommen und die Hypothesen 2.5 und 2.6 abgelehnt.

1.5) Es bestehen signifikante Unterschiede im Vergleich des Mittelwertes der Kontrollsprünge vor der Belastung mit den Sprüngen nach der Vorbelastung. Diese betreffen die Sprünge mit einer Pausenzeit von 1 min, 2 min und 3 min.

1.6) Im satzweisen Vergleich der Sprünge zu verschiedenen Pausenzeiten untereinander bestehen signifikante Unterschiede. Diese betreffen die Sprünge mit einer Pausenzeit von 1 min gegenüber den Sprüngen nach 3 min, 4 min und 5 min und die Sprünge nach 2 min gegenüber den Sprüngen nach 5 min.

2.5) Es bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Satzmittelwerten (gemittelt über die verschiedenen Pausenzeiten).

2.6) Im satzweisen Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit gibt es keine signifikanten Unterschiede.

3.4.4. Parameter: Maximaler Impuls

Die Abbildung 33 zeigt den maximalen Impuls während des CMJ zu verschiedenen Zeitpunkten. Es ist ein Muster zwischen den 4 Sätzen erkennbar. Dieses Muster resultiert vor allem aus den erhöhten Maximalimpulsen nach 1 min Pausenzeit und den reduzierten Maximalimpulsen nach 10 s Pausenzeit (vgl. Tab. 80 Anhang). Eine tendenzielle Abnahme des Maximalimpulses vom ersten bis vierten Satz wird deutlich.

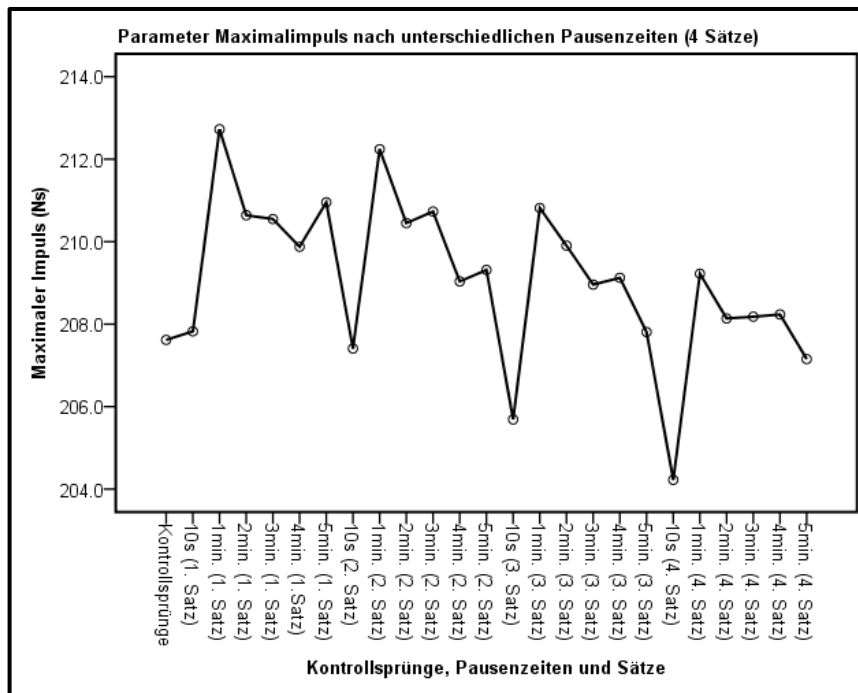


Abb. 33: Maximalimpuls nach unterschiedlichen Pausenzeiten (4 Sätze)

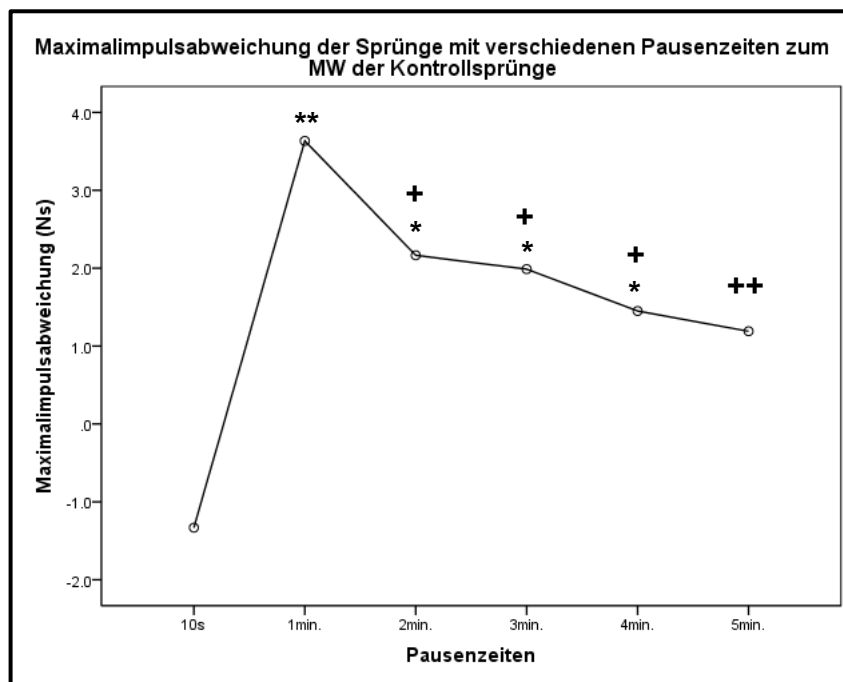


Abb. 34: Abweichung des Maximalimpulses nach verschiedenen Pausenzeiten gegenüber dem MW der Kontrollsprünge (* und ** symbolisieren signifikante bzw. hoch signifikante Unterschiede gegenüber dem Wert nach 10 s; + und ++ symbolisieren signifikante bzw. hoch signifikante Abweichungen gegenüber dem Wert nach 1 min)

Die Abbildung 34 bestätigt das Muster durch Maximalimpulsabweichungen (über 4 Sätze gemittelt) zu den Kontrollsprüngen aufgrund signifikanter bzw. hoch signifikanter Unterschiede der Pausenzeitsprünge nach 10 s bzw. 1 min gegenüber allen anderen Pausenzeitsprüngen (vgl. Tab. 81-84 Anhang). Abbildung 35 zeigt die satzweise Darstellung der Sprünge unterschiedlicher Pausenzeiten. Es treten signifikante Abnahmen innerhalb der Sprünge nach 1 min auf (vgl. Tab. 85, 86 Anhang). Dabei sind die Sprünge mit 1 min Pausenzeit im 4. Satz signifikant geringer als die Sprünge des ersten und zweiten Satzes (vgl. Tab. 87-89 Anhang).

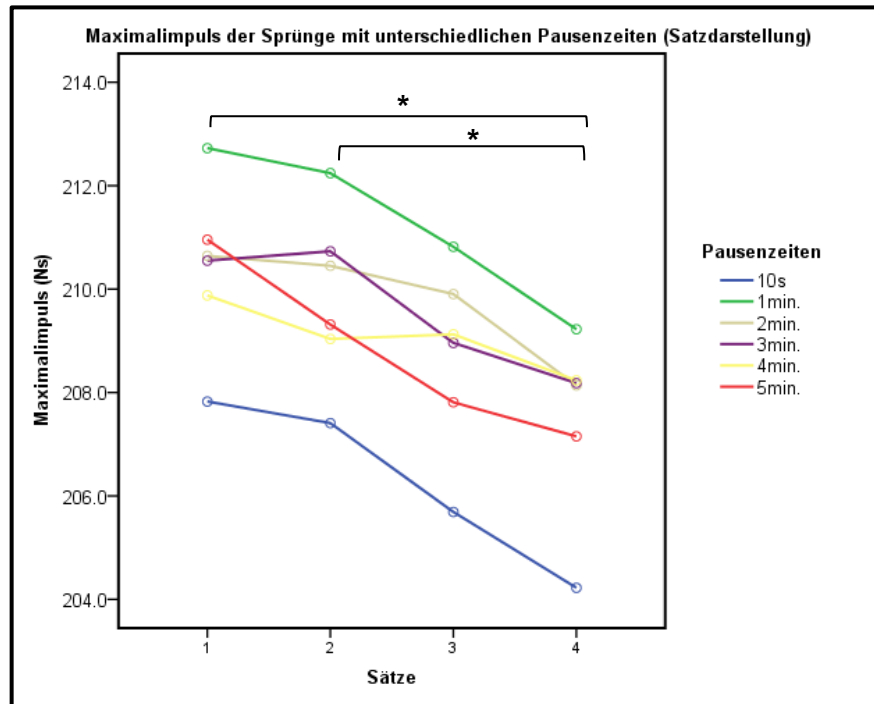


Abb. 35: Satzdarstellung des Maximalimpulses der Sprünge mit unterschiedlichen Pausenzeiten (* symbolisiert signifikante Unterschiede)

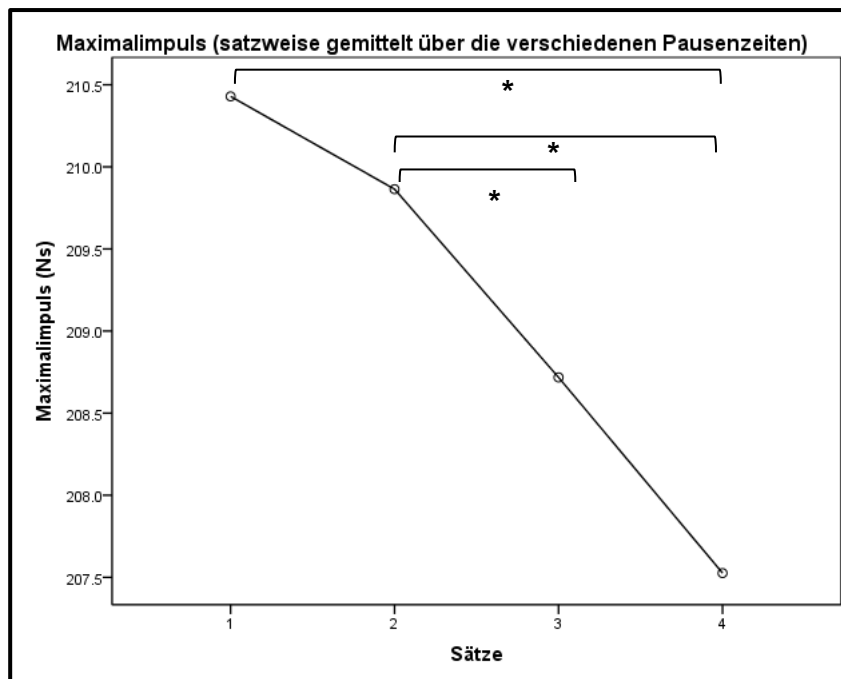


Abb. 36: Maximalimpuls der verschiedenen Sätze gemittelt über verschiedene Pausenzeiten (* symbolisiert signifikante Unterschiede)

Im Vergleich der Satzmittelwerte (gemittelt über die verschiedenen Pausenzeiten) zeigen sich signifikante Unterschiede (vgl. Abb. 36; Tab. 90-92 Anhang).

Aufgrund dieser Ergebnisse wird die Hypothese 1.7 abgelehnt. Die Hypothesen 1.8, 2.7 und 2.8 werden angenommen.

1.7) Es bestehen keine signifikanten Unterschiede im Vergleich des Mittelwertes der Kontrollsprünge vor der Belastung mit den Sprüngen nach der Vorbelastung.

1.8) Im satzweisen Vergleich der Sprünge zu verschiedenen Pausenzeiten untereinander gibt es signifikante Unterschiede. Diese betreffen vor allem die Unterschiede zu den Sprüngen mit einer Pausenzeit von 10 s bzw. 1 min.

2.7) Es bestehen signifikante Unterschiede zwischen den Satzmittelwerten (gemittelt über die verschiedenen Pausenzeiten).

2.8) Im satzweisen Vergleich innerhalb der Sprünge mit gleicher Pausenzeit treten signifikante Unterschiede auf. Diese betreffen die Sprünge nach 1 min.

3.4.5. Parameter: Maximale Leistung

Die Abbildung 37 zeigt signifikante bzw. hoch signifikante Unterschiede verschiedener Pausenzeitsprünge im Vergleich zu den Kontrollsprüngen (vgl. Tab. 97-99 Anhang). Des Weiteren unterscheiden sich die Pausenzeitsprünge nach 10 s von denen nach 1 min und 2 min.

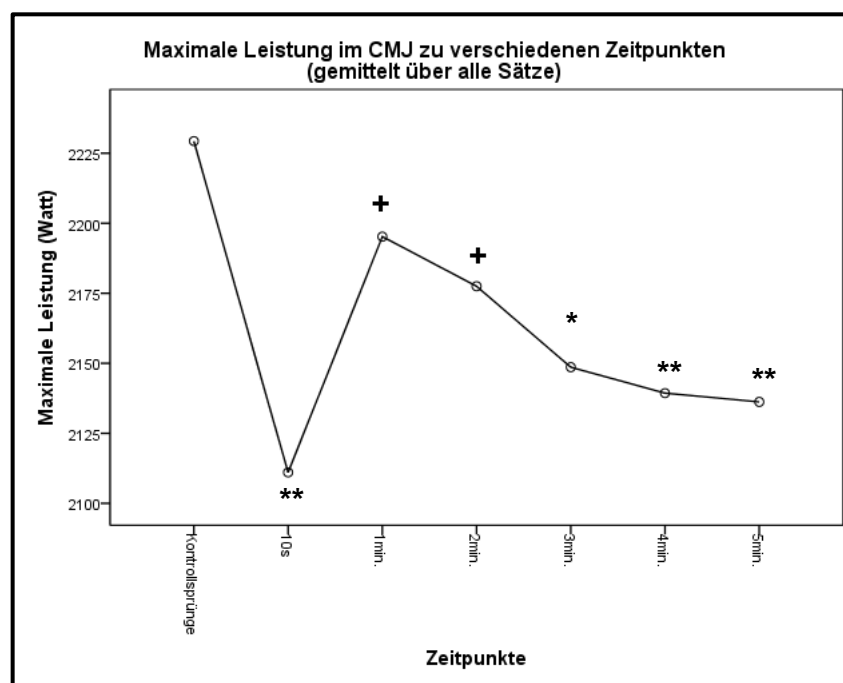


Abb. 37: Maximale Leistung während der konzentrischen Phase des CMJ zu verschiedenen Zeitpunkten (* und ** symbolisieren signifikante bzw. hoch signifikante Unterschiede zwischen den Kontrollsprüngen und den Sprüngen nach verschiedenen Pausenzeiten; + zu den Sprüngen mit 10 s Pausenzeit)

Im Vergleich der Kontrollsprünge mit den einzelnen Pausenzeitsprüngen zeigen sich teilweise signifikante bis höchst signifikante Unterschiede in den letzten beiden Sätzen. Im Vergleich der einzelnen Pausenzeitsprünge untereinander sind ebenfalls teilweise signifikante bis höchst signifikante Unterschiede in den Sätzen festzustellen (vgl. Tab. 93-96 Anhang). Die Abbildung 38 stellt signifikante bis höchst signifikante Unterschiede zwischen den Sätzen dar (satzweise gemittelt über die verschiedenen Pausenzeiten; vgl. Tab. 116-118 Anhang).

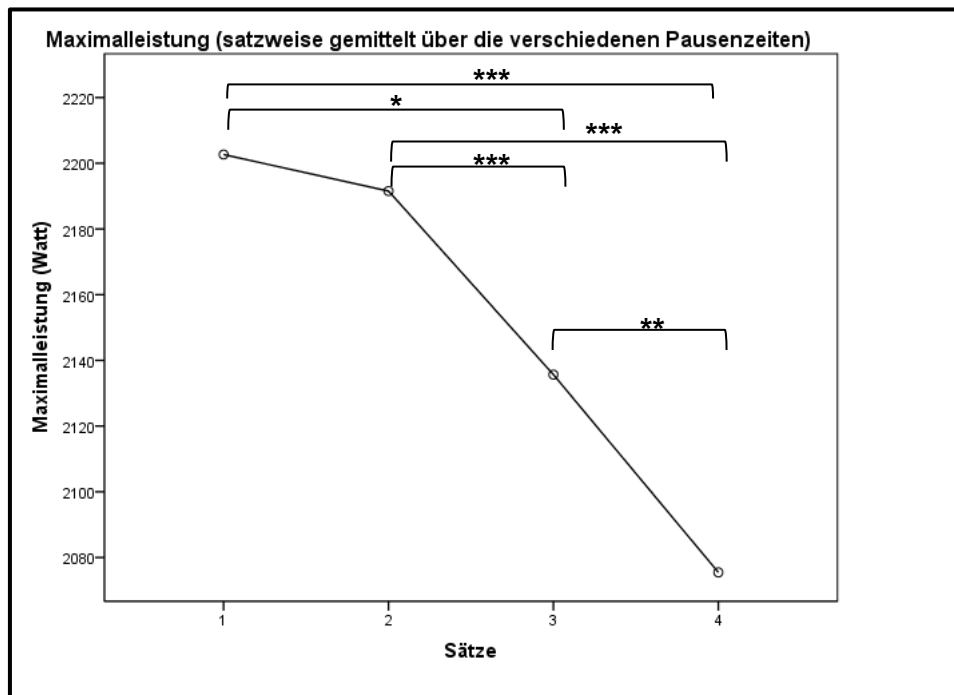


Abb. 38: Maximale Leistung in den Sätzen (gemittelt über die verschiedenen Pausenzeiten (*symbolisiert signifikante Unterschiede)

Im satzweisen Vergleich der Sprünge mit den gleichen Pausenzeiten (10 s, 1 min, 2 min, 3 min, 4 min und 5 min) traten signifikante bis höchst signifikante Unterschiede zwischen Sätzen der Sprünge nach 10 s, 1 min, 3 min und 5 min auf (vgl. Tab. 100-115 Anhang). Diese betreffen vorrangig den Unterschied der Sätze 1-3 gegenüber Satz 4.

Aufgrund dieser Ergebnisse werden die Hypothesen 1.9, 1.10, 2.9 und 2.10 angenommen.

1.9) Es bestehen signifikante Unterschiede im Vergleich des Mittelwertes der Kontrollsprünge vor der Belastung mit den Sprüngen nach der Vorbelastung. Diese betreffen die Pausenzeiten 10 s, 3 min 4 min und 5 min.

1.10) Im satzweisen Vergleich der Sprünge zu verschiedenen Pausenzeiten untereinander bestehen signifikante Unterschiede. Diese betreffen den Unterschied zwischen Sprüngen mit der Pausenzeit 1 min im Vergleich zu den Pausenzeitsprüngen nach 10 s und zwischen den Sprüngen nach 2 min gegenüber den Sprüngen nach 10 s, 4 min und 5 min.

2.9) Es bestehen signifikante Unterschiede zwischen den Satzmittelwerten (gemittelt über die verschiedenen Pausenzeiten). Dies betrifft Unterschiede der ersten beiden Sätze gegenüber den Sätzen 3 und 4 sowie die Differenz zwischen Satz 3 und 4.

2.10) Im satzweisen Vergleich innerhalb der Sprünge mit gleicher Pausenzeit gibt es signifikante Unterschiede. Diese betreffen Satzunterschiede innerhalb der Pausenzeiten mit 10 s, 1 min, 3 min und 5 min.

3.4.6. Parameter: Mittleres IEMG des m. vastus lateralis

Die Abbildung 39 zeigt, dass das mittlere IEMG des m. vastus lateralis nach 1 min Pausenzeit das Signifikanzniveau ($p = 0,063$) in der Unterschiedsprüfung zu den Kontrollsprüngen verfehlt (vgl. Tab. 119-121 Anhang). Die Sprünge mit der Pausenzeit von 1 min unterscheiden sich hoch signifikant von den Sprüngen mit den Pausenzeiten 10 s und 4 min und signifikant von den Sprüngen mit den Pausenzeiten 2 min, 3 min und 5 min (vgl. Tab. 122-124 Anhang).

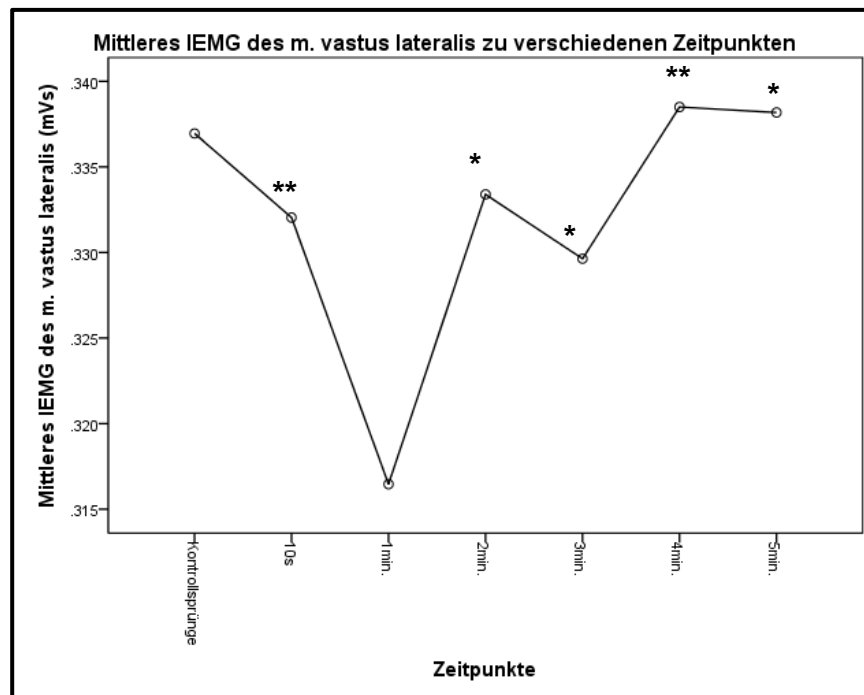


Abb. 39: Mittleres IEMG des m. vastus lateralis zu verschiedenen Zeitpunkten vor (Kontrollsprünge) und nach der Belastung

Im satzweisen Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit (10 s, 1 min, 2 min, 3 min, 4 min und 5 min) ergaben sich keine signifikanten Unterschiede (vgl. Tab. 125, 126 Anhang). Im Vergleich der Satzmittelwerte (gemittelt über die verschiedenen Pausenzeiten) wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Sätzen ermittelt (vgl. Tab. 127, 128 Anhang).

Aufgrund dieser Ergebnisse werden die Hypothesen 1.11, 2.11 und 2.12 abgelehnt. Die Hypothese 1.12 wird angenommen.

1.11) Es bestehen keine signifikanten Unterschiede im Vergleich des Mittelwertes der Kontrollsprünge vor der Belastung mit den Sprüngen nach der Vorbelastung (Pausenzeiten: 10 s, 1 min, 2 min, 3 min, 4 min und 5 min).

1.12) Im satzweisen Vergleich der Sprünge zu verschiedenen Pausenzeiten untereinander bestehen signifikante Unterschiede. Diese betreffen die Sprünge mit einer Pausenzeit von 1 min, die sich signifikant von den Sprüngen mit anderen Pausenzeiten unterscheiden.

2.11) Es bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Satzmittelwerten (gemittelt über die verschiedenen Pausenzeiten).

2.12) Im satzweisen Vergleich innerhalb der Sprünge mit gleicher Pausenzeit traten keine signifikanten Unterschiede auf.

3.4.7. Parameter: Maximale EMG-Amplitude des m. soleus

Die Abbildung 40 zeigt, dass sich die über 4 Sätze gemittelten Sprünge mit einer Pausenzeit von 10 s zu den Sprüngen mit einer Pausenzeit von 1 min, 2 min, 4 min und 5 min signifikant unterscheiden (vgl. Tab. 129-134 Anhang). Im Vergleich zu den Kontrollsprüngen bestehen keine signifikanten Unterschiede.

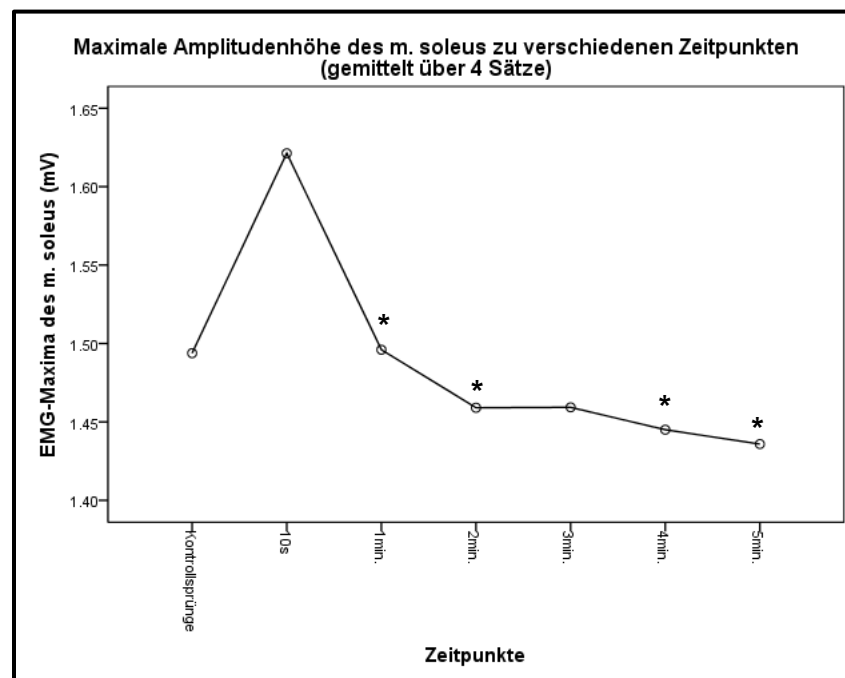


Abb. 40: Maximale EMG-Amplitude (mV) des m. soleus zu verschiedenen Zeitpunkten (gemittelt über 4 Sätze) ; (* symbolisiert signifikante Unterschiede zu den Sprüngen mit einer Pausenzeit von 10 s)

In der Unterschiedsprüfung der Satzmittelwerte (gemittelt über die unterschiedlichen Pausenzeiten) wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Sätzen ermittelt (vgl. Tab. 135, 136 Anhang). Im satzweisen Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit (10 s, 1 min, 2 min, 3 min, 4 min und 5 min) konnten keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden (vgl. Tab. 137, 138 Anhang).

Aufgrund dieser Ergebnisse werden die Hypothesen 1.13, 2.13 und 2.14 abgelehnt. Die Hypothese 1.14 wird angenommen.

1.13) Es bestehen keine signifikanten Unterschiede im Vergleich des Mittelwertes der Kontrollsprünge vor der Belastung mit den Sprüngen nach der Vorbelastung.

1.14) Im satzweisen Vergleich der Sprünge zu verschiedenen Pausenzeiten untereinander bestehen signifikante Unterschiede. Diese betreffen die Sprünge nach 10 s Pausenzeit, die sich von den Sprüngen mit Pausenzeiten von 1 min, 2 min, 4 min und 5 min abheben.

2.13) Es bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Satzmittelwerten (gemittelt über die verschiedenen Pausenzeiten).

2.14) Im satzweisen Vergleich innerhalb der Sprünge mit der gleichen Pausenzeit gibt es keine signifikanten Unterschiede.

3.4.8. Parameter: Prozentualer Anteil des m. rectus femoris an der Gesamtkraft des m. quadriceps femoris

Die Abbildung 41 zeigt, dass sich die über 4 Sätze gemittelten Sprünge mit einer Pausenzeit von 10 s hoch signifikant und die Sprünge mit einer Pausenzeit von 2 min signifikant von den Kontrollsprüngen unterscheiden (vgl. Tab. 143-145 Anhang). Außerdem treten Unterschiede zwischen den Sprüngen nach 10 s und allen anderen Pausenzeiten auf sowie zwischen den Sprüngen nach 1 min und 2 min, 4 min und 5 min.

Im Vergleich der Kontrollsprünge mit den einzelnen Pausenzeitsprüngen zeigen sich teilweise signifikante bzw. hoch signifikante Unterschiede. In der Betrachtung der einzelnen Pausenzeitsprünge treten ebenfalls teilweise signifikante und hoch signifikante Unterschiede in den Sätzen auf, die vor allem Differenzen bezüglich der Sprünge mit einer Pausenzeit von 10 s betreffen (vgl. Tab. 139-142 Anhang).

In der Unterschiedsprüfung der Satzmittelwerte (gemittelt über die unterschiedlichen Pausenzeiten) wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Sätzen ermittelt (vgl. Tab. 148, 149 Anhang). Im satzweisen Vergleich der Sprünge mit der gleichen Pausenzeit gibt es keine signifikanten Unterschiede (vgl. Tab. 146, 147 Anhang).

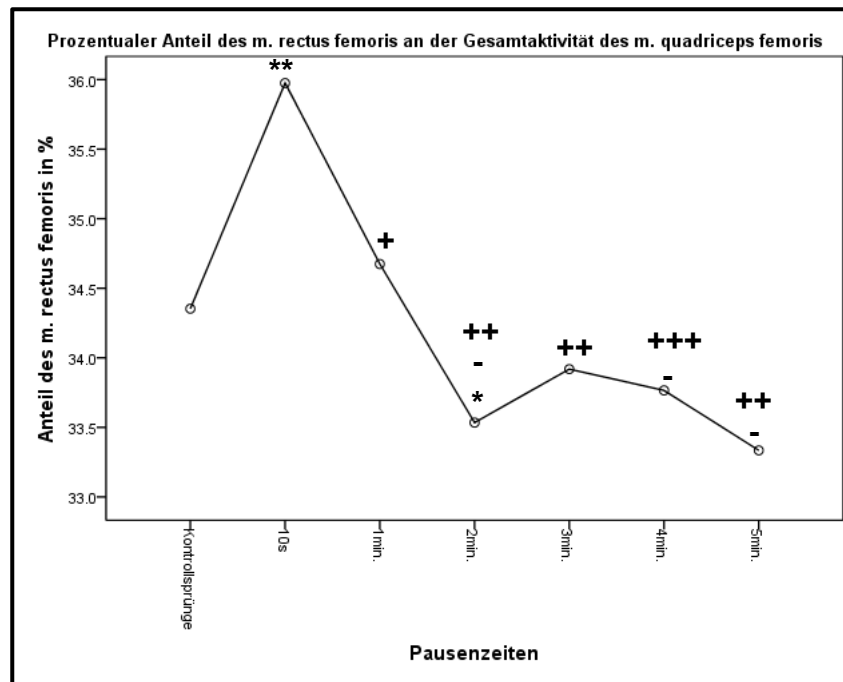


Abb. 41: Prozentualer Anteil des m. rectus femoris an der Gesamtaktivität (100 %) des m. quadriceps femoris (* bzw. ** symbolisieren signifikante bzw. hoch signifikante Unterschiede zum Mittelwert der Kontrollsprünge; + bzw. ++ und +++ symbolisieren signifikante bis höchst signifikante Unterschiede zu den Sprüngen mit einer Pausenzeit von 10 s; - signalisiert signifikante Unterschiede zu den Sprüngen mit einer Pausenzeit von 1 min)

Aufgrund dieser Ergebnisse werden die Hypothesen 1.15 und 1.16 angenommen. Die Hypothesen 2.15 und 2.16 werden abgelehnt.

1.15) Es bestehen signifikante Unterschiede im Vergleich des Mittelwertes der Kontrollsprünge vor der Belastung mit den Sprüngen nach der Vorbelastung. Diese betreffen Sprünge mit einer Pausenzeit von 10 s.

1.16) Im satzweisen Vergleich der Sprünge zu verschiedenen Pausenzeiten untereinander bestehen signifikante Unterschiede. Diese betreffen Abweichungen zu den Sprüngen mit einer Pausenzeit von 10 s bzw. 1 min.

2.15) Es bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Satzmittelwerten (gemittelt über die verschiedenen Pausenzeiten).

2.16) Im satzweisen Vergleich innerhalb der Sprünge mit gleicher Pausenzeit gibt es keine signifikanten Unterschiede.

3.4.9. Parameter: Zeit bis zur maximalen Aktivität des m. biceps femoris

Die Abbildung 42 zeigt, dass sich die über 4 Sätze gemittelten Sprünge mit einer Pausenzeit von 10 s von den Kontrollsprüngen signifikant abheben (vgl. Tab. 154-156 Anhang). Außerdem unterscheiden sich die Sprünge mit einer Pausenzeit von

10 s signifikant bzw. hoch signifikant von den Sprüngen mit den anderen Pausenzeiten. Im Vergleich der Kontrollsprünge mit den einzelnen Pausenzeitsprüngen zeigen sich die signifikanten Unterschiede zwischen den Kontroll- und 10 s-Sprüngen im zweiten und vierten Satz. In der Gegenüberstellung der einzelnen Pausenzeitsprünge sind ebenfalls teilweise signifikante bis höchst signifikante Unterschiede in den Sätzen festzustellen, die vor allem Differenzen zu den Sprüngen mit einer Pausenzeit von 10 s betreffen (vgl. Tab. 150-153 Anhang).

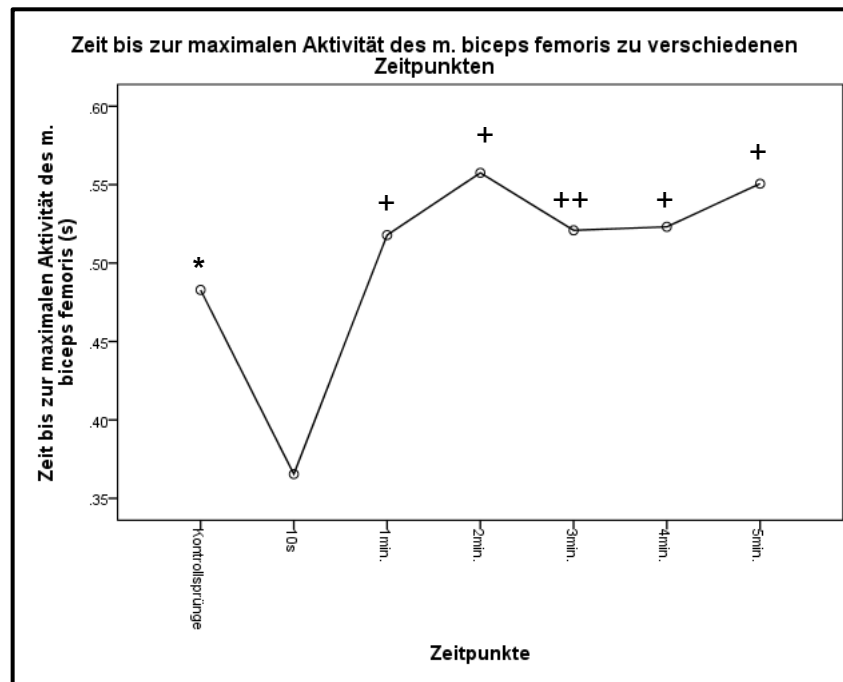


Abb. 42: Zeit (s) des m. biceps femoris bis zur maximalen Aktivität zu verschiedenen Zeitpunkten (* symbolisiert den signifikanten Unterschied zwischen Kontroll- und 10 s-Sprüngen; + bzw. ++ symbolisiert die signifikanten bzw. hoch signifikanten Unterschiede zwischen den 10 s- Sprüngen und den Sprüngen mit anderen Pausenzeiten)

In der Prüfung der Satzmittelwerte (gemittelt über die verschiedenen Pausenzeiten) wurden Unterschiede zwischen den Sätzen 1 und 3 (signifikant) sowie 1 und 4 (hoch signifikant) ermittelt (vgl. Tab. 159-161 Anhang). Im satzweisen Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit treten keine signifikanten Unterschiede auf (vgl. Tab. 157, 158 Anhang).

Aufgrund dieser Ergebnisse werden die Hypothesen 1.17, 1.18 und 2.17 angenommen. Die Hypothese 2.18 wird abgelehnt.

1.17) Es bestehen signifikante Unterschiede im Vergleich des Mittelwertes der Kontrollsprünge vor der Belastung mit den Sprüngen nach der Vorbelastung. Diese betreffen die Sprünge mit einer Pausenzeit von 10 s.

1.18) In der satzweisen Betrachtung der Sprünge zu verschiedenen Pausenzeiten untereinander bestehen signifikante Unterschiede. Es sind Differenzen aller Pausenzeitsprünge im Vergleich zu den Sprüngen mit einer Pausenzeit von 10 s.

2.17) Es bestehen signifikante Unterschiede zwischen den Satzmittelwerten (gemittelt über die verschiedenen Pausenzeiten). Es sind Unterschiede zwischen den Sätzen 1 und 3-4.

2.18) Im satzweisen Vergleich innerhalb der Sprünge mit gleicher Pausenzeit gibt es keine signifikanten Unterschiede.

3.5. Diskussion der Ergebnisse

Die Diskussion der Ergebnisse umfasst das Herstellen von Bezügen zwischen den objektivierten Teilergebnissen, den Vergleich dieser mit Ergebnissen anderer Studien zum Forschungsgegenstand und die Beschreibung der aktuellen Resultate hinsichtlich möglicher Ursachen. Dabei wird die Spezifik, die sich aus der Kombination zahlreicher Wirkfaktoren ergibt (z. B. Art, Intensität und Volumen, Dichte, Trainingszustand, etc.) im Hinblick auf den Zusammenhang der erfolgten Vorbelastung (Kniebeuge) zur Kontrollbewegung (CMJ) berücksichtigt.

Die aktuelle Studie zeigt, dass drei Kniebeugen mit 87 % des EWM (Vorbelastung) gefolgt von einer einminütigen Pausenzeit, verschiedene Schnellkraftparameter während folgender CMJ (Nachbelastung) steigern. Dies betrifft vor allem die Parameter „Sprunghöhe“ und „Durchschnittskraft in der zweiten exzentrischen Phase“. Die erhöhte Kraft in der zweiten exzentrischen Phase und die verbesserte Geschwindigkeit in der ersten konzentrischen Phase deuten auf eine höhere Steifigkeit und ggf. verbesserte Speicherung und Freigabe der elastischen Energie hin (Viitasalo & Bosco, 1982). Außerdem zeigt sich die Besonderheit der Sprünge mit einer Pausenzeit von 1 min, indem sie sich in einigen Parametern nicht von den Kontrollsprüngen unterscheiden, während die Sprünge mit anderen Pausenzeiten signifikante Differenzen zu den Kontrollsprüngen aufweisen (Parameter: „Bewegungsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Phase“ und „Maximalleistung“). Dies deutet auf die Koexistenz von Ermüdungs- und Potenzierungseffekten in der Nachbelastungsphase hin (Rassier & MacIntosh, 2000). In allen Parametern unterscheiden sich die Sprünge mit einer Pausenzeit von 1 min von den Sprüngen mit anderen Pausenzeiten. Dieses Ergebnis ist zunächst ausschließlich für die untersuchte Probandengruppe gültig und verdeutlicht die leistungsfördernden Effekte einer postaktiven Potenzierung nach einer Pausenzeit von einer Minute. Offen bleibt zunächst, inwieweit eine geringere mittlere Aktivierung des m. vastus lateralis mit den Steigerungen nach 1 min Pausenzeit zusammenhängt. Auch Hakkinen und Komi (1986) stellten diesbezüglich Kraftsteigerungen nach einer Vorbelastung bei gleichzeitiger Abnahme von IEMG-Werten fest und wiesen auf die Schwierigkeit einer Interpretation hin. Interessant ist weiterhin, dass sich im Parameter „Sprunghöhe“ ausschließlich in den Sprüngen mit 1 min Pausenzeit signifikante Abnahmen über die 4 Sätze ergaben. Somit scheint diese Pausenzeit ein „sensibler“ Zeitbereich zu sein, in dem sowohl postaktive Potenzierungs-, als auch Ermüdungsprozesse zeitgleich wirken (MacIntosh & Rassier, 2002).

Des Weiteren unterscheiden sich die Sprünge mit einer Pausenzeit von 10 s in einigen Parametern signifikant von den Kontrollsprüngen bzw. den Sprüngen mit anderen Pausenzeiten. Dies lässt die Schlussfolgerung zu, dass eine Pausenzeit von 10 s nicht ausreicht, um Ermüdungseffekte nach einer Vorbelastung mit hoher Zusatzlast zu kompensieren bzw. die Effekte einer möglichen postaktiven Potenzierung zu begünstigen. Interessant sind dabei die Ergebnisse der Parameter „maximale EMG-Amplitude des m. soleus“ und „prozentualer Anteil des m. rectus femoris an der Gesamtaktivität des m. quadriceps femoris“, bei denen sich eine Erhöhung während der Sprünge mit einer Pausenzeit von 10 s einstellte. Vermutlich hat diese Erhöhung im Sinne einer über den Optimalbereich herausgehenden Aktivierung die Sprungkoordination negativ beeinflusst (Knight et al., 2008). Die gegenüber den Kontrollsprüngen signifikante Reduktion des Parameters „Zeit bis zur maximalen Aktivität des m. biceps femoris“ nach 10 s deutet darauf hin, dass sich eine Antagonistentätigkeit in Bezug zur kniestickehenden Muskulatur früher einstellte und somit zu den Sprunghöhenverlusten beigetragen haben kann.

Außerdem bestehen teilweise signifikante Unterschiede zwischen den Satzmittelwerten (gemittelt über die verschiedenen Pausenzeiten), was auf eine voranschreitende Ermüdung hinweist. Dies betrifft vor allem die Unterschiede zwischen den Sätzen 1 und 2 im Vergleich zu den Sätzen 3 und/ oder 4 (Parameter „Bewegungsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Phase“, „Maximalimpuls“, „Maximalleistung“). Da in der aktuellen Studie eine Pause zwischen den Komplexsätzen von 1 min lag, hätten verlängerte Pausenzeiten möglicherweise eine Verminderung bzw. Verzögerung der einsetzenden Ermüdungswirkungen hervorgerufen. Bottaro et al. (2010) weisen diesbezüglich auf eine regenerativere Wirkung einer Satzpause von 2 min gegenüber 1 min hin. Willardson und Burkett (2008) empfehlen sogar eine Satzpause von 4 min anstelle von 2-minütigen Satzpausen. Vorstellbar sind in diesem Zusammenhang Pausenzeiten, die sich im Mehrsatzverlauf verändern bzw. verlängern. Diesbezüglich sind zusätzliche Studien erforderlich.

Ein weiterer Ausdruck voranschreitender Ermüdungseffekte liegt in der satzweisen Betrachtung der Sprünge mit gleicher Pausenzeit (10 s, 1 min, 2 min, 3 min, 4 min und 5 min), die signifikante Unterschiede in den untersuchten Parametern „Sprunghöhe“, „Bewegungsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Phase“, „Maximalimpuls“ und „Maximalleistung“ aufzeigen. Diese betreffen beispielsweise den Sprung nach 1 min Pausenzeit im 4. Satz, der sich signifikant von den Sprüngen in den Sätzen 1-3 abhebt. Demnach resultiert die weiterführende Frage nach der effektivsten bzw. ökonomischsten Satzzahl, wenn die Ergebnisse der aktuellen Studie auf mehrwöchige Trainingsinterventionen übertragen werden. Diese Frage wird unter dem Gliederungspunkt „Einflussfaktor Volumen/ Umfang der Belastung“ in der weiteren Diskussion thematisiert.

Die festgestellten Ergebnisse stehen im Widerspruch zu Untersuchungen, die keine Leistungsverbesserungen nach vorbelastenden Kraftreizen ergaben (Chiu et al., 2003; Duthie et al., 2002; Ebben et al., 2000; Gossen & Sale, 1998; Gossen & Sale, 2000; Hrysomallis & Kidgell, 2001; Jensen & Ebben, 2003; Koch et al., 2003; Robbins & Docherty, 2005; Scott & Docherty, 2004). Andererseits stützen die aktuellen

Ergebnisse die Studien, die ebenfalls Leistungssteigerungen nachwiesen (Baker, 2003; Chiu et al., 2003; French et al., 2003; Gourgoulis et al., 2003; Güllich & Schmidtbleicher, 1996; Radcliffe & Radcliffe, 1996; Sotiropoulos et al., 2010; Young et al., 1998). In diesen Untersuchungen wird darauf hingewiesen, dass es für den Nachweis leistungssteigernder Effekte zu einer optimalen Kombination von Wirkfaktoren kommen muss. Hanson et al. (2007) verweisen diesbezüglich auf die Pausenzeit, die Intensität bzw. Zusatzlast, das Volumen sowie die Bewegungsgeschwindigkeit und -spezifik. Im Folgenden werden einige dieser Einflussfaktoren diskutiert.

Einflussfaktor Pausenzeit

Die Pausenzeit zwischen Vorbelastung und Kontrollübung ist ein wichtiger Einflussfaktor auf die Entstehung und den Nachweis von PAP-Effekten. Anhand einschlägiger Literatur ergibt sich ein heterogenes Bild an Empfehlungen für eine optimale Pausenzeit (Moir, Mergy, Witmer & Davis, 2011).

In einer der wenigen Studien, in denen verschiedene Pausenzeiten nach einer Vorbelastung untersucht wurden, verglichen Kilduff et al. (2007) den Parameter „Maximalleistung“ im CMJ zu verschiedenen Pausenzeiten (15 s, 4 min, 8 min, 12 min, 20 min) nach einer Vorbelastung (3-RM Kniebeuge). In Übereinstimmung mit den aktuellen Ergebnissen stellten die Autoren der Vergleichsstudie signifikante Reduktionen der Maximalleistung nach einer Pausenzeit von 15 s fest. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass in einer Zeitspanne von 10 bis 15 s nach einer Vorbelastung mit vergleichbarem Volumen/ Intensität, ermüdungsbedingte Leistungseinbußen auftreten. Im Gegensatz zur aktuellen Untersuchung wurden PAP-Effekte in einem Zeitraum von 8-12 min festgestellt. Diese Differenz kann zum einen an den Unterschieden des Studienaufbaus liegen und zum anderen durch einen, zum traditionellen Erklärungsmodell der Fitness-Fatigue-Theorie, veränderten Interpretationsansatz begründet werden. Zu den Unterschieden im Untersuchungsaufbau zählen der verschiedene Probandenstatus der Studienteilnehmer (Leistungssportler vs. Sportstudenten) und eine leicht veränderte Intensität der Vorbelastung. Aufgrund eines besseren Trainingszustands der Probandengruppe in der Referenzstudie wird von einer höheren Ermüdungswiderstandsfähigkeit dieser Sportler ausgegangen. Daher wären PAP-Effekte früher (< 1 min) als in der aktuellen Studie zu erwarten gewesen. Somit kann dieser Einflussfaktor als Ursache für die Ergebnisunterschiede ausgeschlossen werden. Des Weiteren ist es unwahrscheinlich, dass der Unterschied zwischen den Zusatzlasten von 3-RM (Kilduff et al., 2007) und den 87 % des EWM (aktuelle Studie) zu den differierenden Ergebnissen beigetragen hat, auch wenn die Leistungssportler aufgrund ihrer Trainingserfahrung höhere Gewichte (v. a. im Eingangstest) tolerierten. Deshalb scheinen Überlegungen angebracht, die den Verlauf einer Leistungskurve als Produkt aus Ermüdungs- und Potenzierungseffekten im Verhältnis zur Darstellung von Chiu und Barnes (2003) modifizierend in Frage stellen. In Anbetracht der divergierenden Studienergebnisse ist es nicht auszuschließen, dass sowohl in der aktuellen Studie ein weiterer Potenzierungszeitpunkt nach dem letzten Testzeitpunkt (5 min) eintrat, als auch in der Referenzstudie zwischen den Testzeitpunkten nach 15 s und 3 min. Dies kann ein Einpegeln des Leistungsverlaufs nach

einer Vorbelastung und/ oder ein Auftreten von PAP-Effekten zu verschiedenen Zeitpunkten bedeuten (Tillin & Bishop, 2009).

Auch Jensen und Ebben (2003) verglichen verschiedene Pausenzeiten (10 s, 1 min, 2 min, 3 min, 4 min) nach einem Satz Kniebeuge mit 5-RM im Hinblick auf die Parameter „Sprunghöhe“ und „maximale Bodenreaktionskraft“ während des CMJ. Die Autoren dieser Studie konnten in Übereinstimmung mit den aktuellen Ergebnissen verminderte Sprunghöhen nach einer Pausenzeit von 10 s feststellen. Sie schlussfolgerten die optimale Pausenzeit nach der maximal getesteten, 4-minütigen Pausenzeitdauer. Im Gegensatz zu diesen Ergebnissen wurden in der aktuellen Studie signifikante Steigerungen der Sprunghöhe nach 1 min objektiviert. Daher werden zur Ursachenfindung die Unterschiede zwischen den Studiendesigns betrachtet. Diese lagen hauptsächlich am unterschiedlichen Status der Probanden, weil die Testgruppe bei Jensen und Ebben (2003) aus Leistungssportlern (Schnellkraftdisziplinen) beider Geschlechter bestand. Da Leistungssportler aufgrund erhöhter Fähigkeitspotentiale bzw. Anpassungen im muskulären Bereich über eine verbesserte Bildung von PAP-Effekten verfügen, ist der geschlechtsspezifische Einfluss zu analysieren. Auch wenn die Autoren der Vergleichsstudie keine geschlechtsspezifischen Abweichungen herausfanden, sind diese nicht völlig auszuschließen da Männer, neben zahlreichen biologischen Unterschieden, beispielsweise über größere Sprunghöhen und eine höhere Beinsteifigkeit verfügen (Witmer et al., 2010).

Witmer et al. (2010) verglichen verschiedene Pausenzeiten von 3 min bis 30 min im Abstand von 3 min nach einer Vorbelastung (Kniebeuge) mit unterschiedlichen Gewichten in einer gemischtgeschlechtlichen Probandengruppe bestehend aus Freizeitsportlern. Sie ermittelten eine Erhöhung der Sprunghöhe während des CMJ im Vergleich zu den Folgesprüngen nach einer 3-minütigen Pausenzeit. Dies stimmt tendenziell mit den Ergebnissen der aktuellen Studie überein, da in dieser die Sprünge nach 3 min gegenüber denen nach 4 min und 5 min ebenfalls leicht erhöht waren. Aufgrund des Designs der Vergleichsuntersuchung kann nicht festgestellt werden, ob es potentiell höhere Sprunghöhen zwischen 0-3 min gab. Die Autoren der Referenzstudie verwiesen auf die hohen interindividuellen Unterschiede in der Ansprechbarkeit der Probanden auf die Vorbelastung (Responder vs. Non-Responder). Dies kann vor allem am Probandenstatus (Freizeitsportler) der Versuchsgruppe liegen, in der wahrscheinlich eine hohe Heterogenität hinsichtlich des Trainingszustandes vorlag, was zu unterschiedlichen Ermüdungs- und PAP-Reaktionen geführt hat. Witmer et al. (2010) verweisen in der Diskussion ihrer Ergebnisse unter anderem auf die Bedeutung der exzentrischen Phase des CMJ und die diesbezügliche Beeinflussung des Parameters „Sprunghöhe“ (Komi & Bosco, 1978). In der aktuellen Studie äußerte sich diese Bedeutung im Parameter „Durchschnittskraft der zweiten exzentrischen Phase“, der in den potenzierten Sprüngen mit 1 min Pausenzeit erhöht war.

Crewther et al. (2011) untersuchten die Auswirkungen eines Satzes mit 3-RM-Kniebeuge auf die Sprunghöhe des CMJ nach Pausenzeiten von 15 s, 4 min, 8 min 12 min und 16 min. Sie stellten in einer Gruppe trainierter Rugbyspieler signifikante Veränderungen nach 15 s (-3,3 %), 4 min (3,9 %), 8 min (3,5 %), 12 min (3,0 %) und 16 min (-2,9 %) fest. In Bezug auf die Ergebnisse der aktuellen Studie lassen sich

ähnliche Tendenzen erkennen. So zeigten sich in dieser ebenfalls eine Leistungsreduktion nach einer sehr kurzen Pausenzeit (10 s) und eine abnehmende Tendenz der Sprunghöhe nach der einminütigen Pausenzeit, welche die höchste PAP-Wirkung offenbarte. Diese abnehmende Tendenz kam in der aktuellen Studie außerdem in den Parametern „Durchschnittsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Phase“, „Durchschnittskraft in der zweiten exzentrischen Phase“ und „Maximalleistung“ zum Ausdruck. Anhand der Vergleichsuntersuchung kann nicht festgestellt werden, ob höhere PAP-Effekte nach 1 min Pausenzeit erreicht worden wären. Beide Studien zeigen ein gleichzeitiges Auftreten von Ermüdungs- und Potenzierungswirkungen (Rassier & MacIntosh, 2000). Im Gegensatz zur aktuellen Studie zeigt die Vergleichsstudie signifikante Steigerungen in einem Zeitbereich zwischen 4 und 12 min. Dies wird vor allem auf das unterschiedliche Probandenniveau und die damit verbundenen anatomisch-physiologischen Unterschiede zurückgeführt, die sich in veränderten Fähigkeiten und Ermüdungs- bzw. Potenzierungswirkungen ausdrücken. Die Autoren der Referenzstudie betonen außerdem die Bedeutung der hohen Spezifik zwischen Vorbelastung und Kontrollübung, da sich keine leistungssteigernden Effekte in weiteren Leistungstests nachweisen ließen. Sie führen andere Untersuchungen an, die auf die Bedeutung der biomechanischen Ähnlichkeit hinsichtlich Gelenkwinkelamplitude, Dehnungsgeschwindigkeit und Muskelfaseraktivierung hinweisen (Fletcher, 2010; Miyamoto, Mitsukawa, Sugisaki, Fukunaga & Kawakami, 2010), auch wenn Autoren wie Matthews et al. (2009) dem Einflussfaktor „Zusatzlast“ eine höhere Bedeutung beimessen als der „Bewegungsspezifik“. Crewther et al. (2011) weisen zudem auf die Rolle des individuellen Ansprechens auf Belastungsreize hin, die sie ebenfalls mit den z. T. widersprüchlichen Studienergebnissen zum Thema PAP-Pausenzeit in Zusammenhang bringen. Sie betrachten diese Individualität mit der Analyse der Einzelergebnisse von Sportlern und stellten in ihrer Probandengruppe fest, dass sieben von neun Teilnehmern positiv auf den Belastungsreiz reagierten. In der aktuellen Studie betraf dies acht von elf Probanden. Des Weiteren erreichten in der Vergleichsstudie zwei Sportler ihre höchste Steigerung nach 4 min, drei nach 8 min und zwei nach 12 min. In der hier vorgestellten Studie traten bei sieben von elf Sportlern höchste Steigerungen nach 1 min auf, was auf eine größere Gruppenhomogenität hindeutet. In einer derartigen Betrachtungsweise lassen sich zukünftig Rückschlüsse auf die Zusammensetzung von Trainingskleingruppen (mit ähnlichen Reaktionsmustern) ziehen, wodurch eine Effektivitätssteigerung erwartet werden kann. Diesbezüglich sind weitere Studien notwendig, um die Gemeinsamkeiten der Sportler herauszufiltern, die positiv auf den Belastungsreiz reagieren.

O'Leary et al. (1997) beobachteten den Verlauf der evozierten, maximalen Muskelkontraktionskraft der Dorsalflexoren im Zeitraum von 5 s bis 5 min nach einer Stimulation mit 100 Hz über einen Zeitraum von 7 s. Sie ermittelten direkte Steigerungen (5 s-Nachbelastung) des Parameters in Höhe von 44,6 %, die nach 1-2 min noch ca. 30 % betrugen, bevor sie nach 5 min bei 25 % lagen. Ähnlich verhielt es sich mit dem Parameter „rate of torque development“. Zudem objektivierte die Autoren der Vergleichsstudie eine Reduktion der Parameter „rise time“ und „half relaxation time“, die sich nach einer Pause von 1-2 min weitgehend normalisierten. In Bezug auf die aktuellen Ergebnisse scheinen die Resultate der Referenzstudie darauf hinzudeuten,

dass das Messverfahren (inkl. Parameter) einen Einfluss auf die Objektivierung unmittelbar leistungssteigernder Effekte hat. Die direkt eintretenden Steigerungen der o.g. Parameter ähneln denen nach 10 s in der aktuellen Studie (Parameter „maximale EMG-Amplitude des m. soleus“ und „prozentualer Anteil des m. rectus femoris an der Gesamtaktivität des m. quadriceps femoris“). Diese Parametererhöhungen fallen allerdings mit den Parameterreduktionen Sprunghöhe zusammen und deuten auf einen negativen Zusammenhang im Sinne einer Übererregung bzw. Supraaktivierung hin. Die reduzierten Parameter „rise time“ und „half relaxation time“ der Vergleichsstudie ähneln im Verlauf dem Parameter „Zeit bis zur maximalen Aktivität des m. biceps femoris“ und deuten auf Ermüdungsprozesse hin, die sich allmählich erholen und nach 1-2 min zu den Steigerungen des Parameters „Sprunghöhe“ beitragen. O'Leary et al. (1997) verweisen auf einen Zusammenhang zwischen diesen Ermüdungsparametern und der Kalziumfreisetzung/ Wiederaufnahme durch das sarkoplasmatische Retikulum.

Comyns et al. (2006) ermittelten Leistungssteigerungen der Parameter „Flugzeit“ und „Bodenreaktionskraft“ nach einer 4-minütigen Pausenzeit. Außerdem wurden Leistungsrückgänge nach 30 s und 6 min festgestellt. Die aktuellen Ergebnisse (Reduktion einiger Parameter nach 10 s) stimmen tendenziell mit der Leistungsabnahme bei Comyns et al., (2006) überein. Auch Jensen und Ebben (2003) stellten Leistungsrückgänge nach einer Pausenzeit von 10 s fest. Dieses Ergebnis ist hauptsächlich auf akute Ermüdungsreaktionen (z. B. verbrauchte Phosphate) zurückzuführen. Die verschiedenen Resultate in Bezug auf die Leistungssteigerungen (1 min vs. 4 min) erklären sich durch die Differenzen zwischen den Studiendesigns. Dabei lagen die Unterschiede in der Ausführungsart der Testsprünge (Comyns: einbeinige CMJ auf geneigter Ebene), in der Belastungsdichte (Comyns: 2 x 2 Sätze mit 10 min Satzpause), in der Versuchsauswertung (Comyns: Bestwertberücksichtigung) und in der Probandengruppe (Comyns: gemischtgeschlechtlich).

Young et al. (1998) fanden Leistungssteigerungen von 2,8 % (1 cm) während des CMJ nach einem Satz Kniebeuge mit einem Zusatzgewicht von 5-RM. Im Gegensatz zur aktuellen Studie wurden die Verbesserungen nach einer Pausenzeit von 4 min erreicht, die Kontrollsprünge mit einer Zusatzlast von 19 kg ausgeführt und die Untersuchung mit Freizeitsportlern durchgeführt. Dies deutet zunächst darauf hin, dass weniger trainierte Sportler einen erhöhten Erholungsbedarf haben und eine PAP-Wirkung bei Leistungssportlern eher einsetzt. Des Weiteren bestanden Differenzen im Erwärmungsprogramm und in der Messung der Daten, was wiederum die Unterschiede in der Höhe der Leistungssteigerungen erklären kann. Das ähnliche Zusatzgewicht der Vorbelastung schien in beiden Studien adäquat zur Auslösung der Leistungssteigerung gewesen zu sein. In der aktuellen Studie betrug die Leistungssteigerung nach einem Satz Vorbelastung und 4 min Pausenzeit nur 0,5 %. Die Vergleichsstudie von Young et al. (1998) lässt aufgrund des unterschiedlichen Designs keine Rückschlüsse zu, ob Leistungssteigerungen nach 1 min aufgetreten wären und wie sich diese Leistungssteigerungen über mehrere Sätze entwickelt hätten. Die Autoren dieser Referenzuntersuchung weisen darauf hin, dass die objektivierten Verbesserungen sowohl das Resultat der Vorbelastung (singulär) sein können, als auch

aus dem Zusammenwirken der Vorbelastungen (Erwärmung, Kontrollsprünge, Vorbelastungsübung) stammen können (summative Wirkungsweise). Diese Erwägungen sind u. U. auch für die aktuelle Studie zutreffend. Zukünftige Studien sollten daher u. a. die verschiedenen Pausenzeiten an verschiedenen Tagen überprüfen. Außerdem vermuteten die Autoren der Vergleichsstudie, dass der grundlegende Mechanismus für die Leistungssteigerungen aus der hochfrequenten Stimulation durch die hohe Zusatzbelastung der Kniebeugeübung stammt, was die Wahrscheinlichkeit einer erhöhten Aktivierung einzelner motorischer Einheiten vergrößert (Güllich & Schmidtbleicher, 1996).

Jones und Lees (2003) stellten in ihrer Untersuchung zur akuten Wirkung einer Vorbelastung auf folgende plyometrische Kontrollsprünge keine leistungssteigernden Wirkungen fest. Sie untersuchten den Effekt von 5 Kniebeugen mit einer Zusatzlast von 85 % des EWM und Pausenzeiten von 3 min, 10 min und 20 min auf folgende CMJ bzw. von 6 min, 13 min, und 23 min auf folgende DJ. Zusätzlich konnten sie keine signifikanten Veränderungen von EMG-Parametern aufgrund von PAP oder Ermüdung feststellen und schlussfolgerten, dass die gewählte Vorbelastung keine Erhöhung der neuronalen Erregbarkeit bewirkte, wodurch die nachfolgenden Sprünge nicht stimuliert wurden. Daher sehen die Autoren den Vorteil dieser Belastungsform ausschließlich darin, die Trainingszeit ökonomisch auszunutzen, indem in einer Übungseinheit Reize im Sinne einer Maximalkraft- und Schnellkraftentwicklung gesetzt werden können. Zu den Gemeinsamkeiten der aktuellen und dieser Vergleichsstudie gehören ähnliche Merkmale der Probandengruppe (Sportstudenten aus Schnellkraftdisziplinen), die Art der gewählten Vorbelastung (Kniebeuge mit ca. 85 % EWM) und das Ausbleiben von signifikanten Sprunghöhensteigerungen im CMJ nach 3 min Pausenzeit. Ob eine signifikante Veränderung nach 1 min Pausenzeit in der Referenzstudie vorlag, kann aufgrund des Studiendesigns nicht festgestellt werden. Dennoch schließen Jones und Lees (2003) in der Diskussion ihrer Ergebnisse nicht aus, dass es Effekte der PAP nach dieser Vorbelastungsart gibt, da sie zum einen nichtsignifikante Verbesserungen von Leistungsparametern erkannten. Zum anderen wies die Kontrollgruppe (gleiches Untersuchungsdesign ohne Vorbelastung) in ihrer Studie im Unterschied zur Experimentalgruppe in einigen EMG-Parametern deutlichere Ermüdungstendenzen auf. Zudem setzten die Studienleiter keine freien Kniebeugen, sondern eine maschinell-geführte Bewegung ein, was den Umfang/ Intensität der Muskelbeanspruchung reduziert haben könnte. Des Weiteren vermuten die Autoren in ihrer Testkritik einen Einfluss der gewählten Wiederholungszahl von drei Kontrollsprüngen bzw. des Auswertungsmodus (die zwei besten Versuche) auf das Ausbleiben signifikanter Ergebnisse.

Sotiropoulos et al. (2010) stellten Steigerungen der Sprunghöhe und der durchschnittlichen mechanischen Leistung im CMJ nach 2 Sätzen mit 5 x Kniebeuge und Lasten von ca. 30 % bzw. ca. 55 % des EWM (Vergleich von 2 Gruppen) und 3-minütigen Pausenzeiten fest. Die Experimentalgruppen erreichten in dieser Studie Steigerungen von 3,5 % in der Sprunghöhe bzw. 6,8 % in der durchschnittlichen mechanischen Leistung. Dieses Ergebnis stimmt mit den Steigerungen in der aktuellen Studie überein (3,8 % Sprunghöhensteigerung im ersten Satz) und ist u. a. auf die

Gemeinsamkeiten zwischen den Untersuchungen zurückzuführen, wie z. B. gleiche Bewegungsarten von Vor- und Nachbelastung und ein vergleichbarer Probandenstatus. Im Gegensatz zur aktuellen Studie wiesen die Autoren jedoch signifikante Steigerungen der Aktivität des m. vastus lateralis nach einer Pausenzeit von 3 min nach. Muskelaktivitätssteigerungen können sowohl für Leistungssteigerungen nützliche Indikatoren interpretiert werden, als auch kontraproduktive Kokontraktionen beinhalten (Baker & Newton, 2005). Daher sind weitere Untersuchungen notwendig. Bezogen auf die Pausenzeit ist anzumerken, dass auch in der aktuellen Studie eine geringe Steigerung der Sprunghöhe nach 3 min Pausenzeit (erster Satz) auftrat (0,5 %). Andererseits bleibt offen, ob Steigerungen in der Referenzstudie nach einer Pausenzeit von 1 min aufgetreten wären.

In Bezug auf die in der aktuellen Studie festgestellten, signifikanten Veränderungen verschiedener Parameter nach 10 s und 1 min Pausenzeit erscheinen die Ergebnisse von Cutlip et al. (2005) interessant. Sie untersuchten den Einfluss verschiedener Pausenzeiten (10 s, 1 min und 5 min) während der evozierten Ausführung von DVZ-Bewegungen bzw. MVC auf isometrische und dynamische Muskelleistungen an Ratten. Sie stellten zunächst einen Abfall kraftbezogener Parameter von Satz 1 bis Satz 7 nach allen Pausenzeiten fest und wiesen nach, dass sich die 10-sekündige Pausenzeit wegen einer verringerten Kraftentfaltung im DVZ signifikant von den beiden anderen Pausenzeiten unterschied. Nach einer Regenerationszeit von 48 h stellten die Autoren der Vergleichsstudie signifikante Unterschiede in der isometrischen Maximalkraftentfaltung zwischen den drei Pausenzeiten fest. In dieser waren die Messwerte nach 10 s und 5 min sowohl gegenüber den Ausgangswerten (Pretest) als auch gegenüber den Werten nach 1 min Pausenzeit signifikant verringert. Diese Ergebnisse zeigen interessante Parallelen zu den aktuellen Ergebnissen, da auch in diesen Leistungsdefizite nach einer Pausenzeit von 10 s festgestellt wurden. Es erfolgte eine satzweise Abnahme der Sprunghöhe und die Kraftentfaltung in der exzentrischen Phase war nach 1 min signifikant gegenüber den anderen Pausenzeiten erhöht. Die Autoren der Referenzstudie begründen die Leistungsverluste der 10-sekündigen Pausenzeit mit einer metabolischen Ermüdung, die sich in Form einer verminderten Pufferkapazität gegenüber dem Kalzium im Zytosol äußert und zu Zellschäden führen kann. Diese Ursache kann auch auf die Ergebnisse der aktuellen Untersuchung zutreffen.

Chaouachi et al. (2011) verglichen PAP-Effekte nach zehn isokinetischen Kontraktionen und verschiedenen Pausenzeiten (2 min, 3 min, 4 min und 5 min). Sie stellten signifikante Steigerungen von Schnellkraftparametern nach einer Pausenzeit von 2 min fest. Da die Autoren eine Pausenzeit von 1 min nicht untersuchten, kann eine PAP-Wirkung nach 1 min, wie in der aktuellen Untersuchung, nicht ausgeschlossen werden. Allerdings sind die Ergebnisse der Vergleichsstudie mit Vorsicht zu betrachten, da die Probandengruppe aus Kindern bzw. Jugendlichen bestand, die eine größere Ermüdungswiderstandsfähigkeit bezogen auf intensiven und intervallartige Belastungen besitzen können (Ratel, Lazaar, Williams, Bedu & Duche, 2003). Dies kann wiederum einen Einfluss auf den zeitlichen Wirkungsverlauf verschiedener Prozesse ausüben. Außerdem weisen die Autoren auf die Notwendigkeit einer hohen

Spezifik zwischen Vor- und Kontrollbelastung hinsichtlich der Bewegungsgeschwindigkeit zur Auslösung von Potenzierungseffekten hin.

Güllich und Schmidtbleicher (1996) stellten PAP-Effekte als Folge von mehreren Sätzen mit MVC als Vorbelastung im Zeitraum von 2,5-12,5 min heraus und betonten schließlich die Bedeutung der individuellen Feststellung der geeigneten Pausenzeit aufgrund erheblicher interindividueller Unterschiede auf gleiche Belastungsreize. In Bezug auf die Zusammenstellung von Trainingsgruppen erfordert dies die Durchführung von Eingangstests, die eine entsprechende Differenzierung zulassen.

Einflussfaktor Intensität/ Zusatzlast

Shea, Shebilske, Kohl und Guadagnoli (1991) bemerkten, dass PAP-Wirkungen in Abhängigkeit von der Intensität (als Prozent-Wert des EMW oder absolutes Zusatzgewicht) und dem Volumen (als Anzahl der Wiederholungen bzw. Sätze oder Dauer der MVC) der Vorbelastung auftreten. Diese Faktoren werden im Folgenden näher betrachtet.

Zunächst ist festzustellen, dass in Bezug auf die Höhe der Zusatzlast einerseits Studien vorliegen, die PAP-Effekte nach hohen Zusatzgewichten (ca. 90 % des EWM) nachwiesen (Comyns et al., 2007; Gourgoulis et al., 2003). Andererseits wurden sie auch nach geringen Zusatzgewichten, wie 40 kg oder 10 % des Körpereigengewichtes, festgestellt (Burkett, Phillips & Ziuraitis, 2005; Clark et al., 2006). Koch et al. (2003) konnten weder nach einer Vorbelastung (Kniebeuge) mit 40 % des EWM noch nach 87,5 % des EWM Potenzierungseffekte objektivieren (Hanson et al., 2007).

Scott und Docherty (2004) stellten keine signifikanten Veränderungen der CMJ-Sprunghöhe nach 5 Kniebeugen mit einer 5-RM Zusatzlast und Pausenzeiten von 5 min in einer Probandengruppe mit ähnlichem Trainingsniveau fest. Dies wird mit den Ergebnissen der aktuellen Studie bestätigt, da im Vergleich der Kontrollsprünge mit denen nach 5-minütiger Pausenzeit keine signifikanten Unterschiede bestehen. Die Autoren dieser Vergleichsstudie führten das Ausbleiben signifikanter Veränderungen u. a. auf die Art und Intensität der Kraftübung mit Zusatzlast zurück und empfehlen beispielsweise das Reißen als Potenzierungsübung (Radcliffe & Radcliffe, 1996). Die Art der Übung kann aufgrund der aktuellen Studie und der Ergebnisse von Young et al. (1998) nicht bestätigt werden, da signifikante Leistungssteigerungen durch die Kniebeugeübung erreicht wurden. Ein interessantes Ergebnis entdeckten Scott und Docherty (2004) indem sie zeigten, dass sich die Ermittlung der dynamischen Maximalkraft bzw. des 5-RM-Gewichtes in vier aufeinander folgenden Testeinheiten um ca. 20 % steigerte. Aufgrund der einmaligen Ermittlung des Zusatzgewichts in der gegenwärtigen Studie und der von Young et al. (1998), trugen möglicherweise geringere Intensitäten als bei Scott und Docherty (2004) zu den Ergebnissen bei. Khamoui et al. (2009) ziehen außerdem in Betracht, dass ein Zusatzgewicht von 85 % des EWM für leistungssportliche Probanden geeignet sein kann, während das gleiche Zusatzgewicht bei Freizeitsportlern zu starke Ermüdungseffekte hervorrufen würde. Angesichts der Komplexität und simultanen Wirkung verschiede-

ner Faktoren (z. B. Art, Umfang, Intensität, Dichte, Trainingszustand der Probanden, Testprotokolle) ist eine singuläre Ursachenzuschreibung fragwürdig (Hrysomallis & Kidgell, 2001).

Saez-Saez de Villarreal et al. (2007) verglichen Erwärmungsprogramme mit unterschiedlichen Übungen und Intensitäten sowie Pausenzeiten von 5 min zwischen dem Belastungsreiz und der Kontrollübung (CMJ). Im Gegensatz zur aktuellen Studie stellten diese Autoren signifikante Steigerungen nach einer Pausenzeit von 5 min fest. Im Vergleich der Studiendesigns kann sowohl der differente Probandenstatus (Sportstudenten vs. Leistungssportler) als auch das abweichende Volumen der Vorbelastung (1 Satz á 3 Wdh. und 87 % vs. 3 Sätze mit 4 bis 1 Wdh. und 80-95 % des EWM) zu den unterschiedlichen Ergebnissen beigetragen haben. Da es sich bei der Studie von Saez-Saez de Villarreal et al. (2007) um Leistungssportler handelt, ist von einem unterschiedlichen Ausprägungsgrad konditioneller Fähigkeiten (z. B. Maximalkraft, Schnellkraftausdauer) auf Basis veränderter morphologischer Strukturen (z. B. Muskelfaserstatus) und physiologischer Prozesse (z. B. Phosphatneogenese) auszugehen. Die Autoren dieser Referenzuntersuchung verglichen außerdem die Wirkung hoher und geringerer Lasten und ermittelten die Bedeutung der hohen Lasten zur Auslösung von Potenzierungseffekten. Interessanterweise fanden Saez-Saez de Villarreal et al. (2007) signifikante Steigerungen nach einem sportartspezifischen Erwärmungsprogramm, welches submaximales Laufen (5 min), Richtungsänderungsläufe (2 min), plyometrische Übungen (25 Sprünge) und Stretching (5 min) beinhaltete. Das deutet darauf hin, dass die beiden grundlegenden Mechanismen zur Auslösung der PAP (Phosphorylierung der leichten Myosinketten und die erhöhte Erregbarkeit des Nervensystems) auf unterschiedliche Weise hervorgerufen werden können. Auch Gourgoulis et al. (2003) befürworten bezüglich ihrer Studienergebnisse den Einsatz verschiedener Lasten als Erwärmung/ Vorbelastung, da sowohl eine neuronale Aktivierung aufgrund der höheren Gewichte ausgelöst werden kann, als auch die Start- und Explosivkraft durch die leichteren Gewichte angesprochen werden (Young, 1993). Beides soll schließlich in postaktiven Leistungssteigerungen münden. Allerdings konnten diesbezüglich Witmer et al. (2010) keine Potenzierungseffekte nach einer Vorbelastung bestehend aus Kniebeugen mit 5 x 30 %, 4 x 50 % und 3 x 70 % mit je 2 min Pausenzeit feststellen. Somit sind neben der Intensität auch die Faktoren „Volumen“ und „Dichte“ im Zusammenhang mit dem Probandenstatus zu analysieren.

Comyns et al. (2005) untersuchten den Effekt von verschiedenen Zusatzlasten bei der Ausführung von Kniebeugen auf die Parameter „DJ-Höhe“ und „Beinsteifigkeit“ in einer Gruppe von Leistungssportlern (Rugby). Diese Sportler führten die Kontrollsprünge 4 min nach der Vorbelastung in Form von drei Wiederholungen mit den Experimentalgewichten (65 %, 80 % oder 93 %) aus. Die Flugzeit verringerte sich nach allen Zusatzlasten signifikant, wobei sich die Beinsteifigkeit nur nach der Zusatzlast von 93 % signifikant vergrößerte. Die Autoren betonten die Bedeutung dieses Sachverhaltes besonders für die Reaktivkraftfähigkeit bei Bewegungen mit kurzen DVZ bzw. Bodenkontaktzeiten. Verglichen mit der gegenwärtigen Studie kann die Bedeutung einer hohen Zusatzlast für signifikante Steigerungen in einzelnen Parametern

befürwortet werden. Zudem weisen Güllich und Schmidtbleicher (1996) anhand ihrer Studie auf die höhere Bedeutung des Faktors „Intensität“ gegenüber dem Umfang der Vorbelastung hin. Sie fanden einerseits PAP-Effekte nach unterschiedlichen Umfängen heraus. Andererseits gehen sie davon aus, dass bei submaximalen Belastungen weniger FT-Fasern beansprucht werden und somit weniger PAP-Potential vorhanden ist. Dies wird u. a. durch die Untersuchung von Matthews et al. (2009) belegt, die die PAP-Wirkung nach einer niedrigen und hohen Intensität überprüften bzw. verglichen. Diese Autoren ermittelten signifikante PAP-Unterschiede nach der höheren Belastung (85 % des EWM). Außerdem verwiesen sie darauf, dass die inter-individuelle Variabilität des Ansprechens auf den Vorbelastungsreiz mit geringerer Zusatzlast zunimmt.

In der aktuellen Studie wurden drei Wiederholungen mit einer Zusatzlast von 87 % des EWM gewählt und Leistungssteigerungen im CMJ festgestellt. In Übereinstimmung betonten bereits Güllich und Schmidtbleicher (1996), dass Kontraktionen mit weniger als 85 % des Maximums keine Potenzierung des Nervensystems auslösen. Im Gegensatz dazu stellten jedoch Sotiropoulos et al. (2010) vergleichbare Steigerungen nach 2 x 5 Kniebeugen mit Zusatzlasten von ca. 30 % bzw. 55 % des EWM fest.ourgoulis et al. (2003) ermittelten ebenso PAP-Effekte in Form von signifikanten Steigerungen der CMJ-Sprunghöhe nach 5 Sätzen mit je zwei Wiederholungen mit 20 %, 40 %, 60 %, 80 % und 90 % des EWM mit Kniebeugen.

Chiu et al. (2004) untersuchten in diesem Zusammenhang Varianten des High-Intensity-Trainings, das sich durch moderate Zusatzlasten und hohe Bewegungsgeschwindigkeiten auszeichnet. Die Ermüdung wirkte sich mit einem derartigen Training vor allem auf den Anfangsverlauf der Kraft-Geschwindigkeits-Kurve aus und beeinflusste somit insbesondere den Bereich der Startkraft. Wenngleich die Ergebnisse aufgrund der verschiedenen Messmethodiken (MVC-Test vs. dynamischer CMJ-Test) nicht direkt vergleichbar sind, wurden in Bezug auf die ermüdungsbedingten Ergebnisse der aktuellen Studie ebenfalls signifikante Abnahmen des Parameters „Bewegungsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Phase“ in den Pausenzeiten festgestellt, die nicht einer PAP unterlagen.

Einflussfaktor Volumen/ Umfang der Belastung

Die Betrachtung des Umfangs der Vorbelastung schließt die Anzahl der durchgeführten Wiederholungen/ Sätze bzw. die Dauer von isometrischen Kontraktionen ein, da die Anspannungszeit (engl.: time under tension) einen erheblichen Einfluss auf die metabolischen Prozesse ausübt (Chaouachi et al., 2011).

Khamoui et al. (2009) untersuchten den Einfluss verschiedener Umfänge eines Satzes der Vorbelastung Kniebeuge mit 85 % des EWM auf folgende CMJ in einer Gruppe von Freizeitsportlern. Dabei wurde verglichen, ob Unterschiede in den Parametern „Sprunghöhe“, „Bodenreaktionskraft“, „Impuls“ und „Absprunggeschwindigkeit“ zwischen der zwei- bis fünfmaligen Ausführung eines Satzes der Kniebeuge mit Zusatzlast (vier Tests) auftreten. In dieser Studie wurde eine Pausenzeit von 5 min angewendet. Es wurden keine signifikanten Veränderungen der Parameter „Sprung-

höhe“ und „Absprunggeschwindigkeit“ festgestellt. Die Parameter „Bodenreaktionskraft“ und „Impuls“ nahmen mit steigendem Volumen signifikant ab. Die Autoren der Vergleichsstudie führten ihr Ergebnis auf verschiedene Faktoren, wie z. B. den mangelnden Trainingsstatus der Probanden, die evtl. zu hohe Zusatzlast und eine inadäquate Pausenzeit zurück. Während des Studiums dieser Referenzliteratur fiel weiterhin auf, dass es auch Unterschiede zur aktuellen Untersuchung in Bezug auf abweichende Datenerhebungsprotokolle gibt. So wurde in der Studie von Khamoui et al. (2009) der CMJ mit Armschwung ausgeführt, was die Komplexität der Bewegung erhöht und somit auch die Ursachenzuordnung erschwert. Außerdem wurde während der Datenerhebungen extern verbal motiviert, was einen Einfluss auf die Standardisierung der Testbedingungen ausübte. Dennoch wurde auch in der aktuellen Untersuchung eine signifikante Abnahme des Parameters „Maximalimpuls“ nach der Vorbelastung (3 Wiederholungen mit 87 % des EWM Kniebeuge) und einer 5-minütigen Pausenzeit festgestellt. Da in der aktuellen Studie Potenzierungseffekte in Form von Sprunghöhensteigerungen nach 1 min Pausenzeit ermittelt wurden, kann geschlossen werden, dass nach einer 5-minütigen Pausenzeit PAP-Effekte bereits wieder abgeklungen waren. Somit hat sich das System nach akuten Beanspruchungsreaktionen in Form von ermüdungsbedingten Leistungsverlusten (vgl. Ergebnisse nach 10 s) und potenzierungsbedingten Steigerungen nach 1 min wieder eingepegelt.

Verschiedene Autoren konnten ebenfalls Potenzierungseffekte nach unterschiedlichen Vorbelastungsvolumina feststellen. So diagnostizierten McBride et al. (2005) z. B. Leistungssteigerungen nach 1 x 3 Kniebeugen mit 90 % des EWM, Chiu et al. (2003) nach 5 x 1 mit 90 % des EWM und Saez-Saez de Villarreal et al. (2007) nach 6 x 4-1 Wdh. mit 80-95 % des EWM. Auch wenn andere Arten der Vorbelastung, wie z. B. MVC eingesetzt wurden, konnten bezüglich verschiedener Volumina PAP-Effekte nachgewiesen werden. French et al. (2003) objektivierte Leistungssteigerungen nach 3 x 3-sekündigen MVC und Leistungsabfälle nach 3 x 5 s, was die Ergebnisse von Vandervoort, Quinlan und McComas (1983) belegen und die Bedeutung des Belastungsvolumens im Hinblick auf das Entstehen einer PAP verdeutlicht.

Dies deutet darauf hin, dass Potenzierungseffekte mit verschiedenen Volumina erzeugt werden können bzw. dass die PAP nur durch die Kombination vieler günstiger Wirkfaktoren stimuliert werden kann. Wichtige Faktoren zur Auslösung der PAP sind für Güllich und Schmidtbleicher (1996) hohe Intensitäten mit einem hohen Anteil aktivierter Typ-2-Muskelfasern und maximalen Aktivierungsfrequenzen sowie adäquate Volumina und hohe Bewegungsgeschwindigkeiten. Unterstützt wird dies von Moir et al. (2011), die zwei verschiedene Vorbelastungsprotokolle in Form von Kniebeugen mit 3 x 90 % bzw. 12 x 37 % in ihrer Wirkung auf folgende CMJ untersuchten. Es wurde festgestellt, dass intensivere Belastungen gegenüber volumenbetonten Anforderungen verstärkte Potenzierungseffekte erzielen. Wilson et al. (2013) verdeutlichen, dass das eingesetzte Vorbelastungsvolumen in Abhängigkeit vom Trainingszustand gewählt werden sollte. Es scheint aufgrund der in der aktuellen Studie eingesetzten Vorbelastung (1 x 3 Wiederholungen) plausibel, dass im Vergleich zu anderen Studien mit erhöhten Vorbelastungsvolumina und leistungssteigernden Effekten nach 3-4 min, PAP-Effekte aktuell nach 1 min auftraten.

Güllich und Schmidtbleicher (1996) belegten eine potenzierende Wirkung auf nachfolgende CMJ und DJ nach verschiedenartig gestalteten MVC als Vorbelastung. Sie beobachteten vergleichbare Ergebnisse nach 5 x 5 s MVC mit Satzpausen von 1 min und einer Nachbelastungspause von 3 min bis zur Kontrollbewegung im Vergleich zu 3 x 5 s MVC mit Satzpausen von 5 min und einer Nachbelastungspause von 1 min. Dennoch betonen sie aufgrund wiederholter Analysen, dass im Bereich der unteren Extremitäten 1-2 MVC als Potenzierungsreiz ausreichend sind.

Robbins und Docherty (2005) fanden keine positiven Veränderungen von Schnellkraftparametern des CMJ nach MVIC (7 s) und 4-minütigen Pausenzeiten über drei Komplexsatzpaare. Diese Autoren führten das Ausbleiben von Steigerungen auf die Art, Dauer und Intensität der Vorbelastung (MVIC mit 7 s) und somit auf ermüdungsbedingte Prozesse zurück (Sale, 2002). Da eine Kontrollgruppe signifikante Abnahmen der maximalen Leistung aufwies, interpretierten die Autoren das Fehlen dieser Abnahmen als mögliche Potenzierung der Experimentalgruppe. Im Vergleich zur Vorbelastung der aktuellen Studie (3 x Kniebeuge mit 87 % des EWM) ist anzumerken, dass die Anspannungszeit und somit die zugrunde liegenden Stoffwechsel- und Nervenenerregungsprozesse verschieden sind. Durch die intervallartigen, dynamischen Kontraktionen unterlag die Experimentalgruppe der aktuellen Untersuchung womöglich geringeren Ermüdungseinflüssen (MacIntosh & Rassier, 2002). Außerdem stellten die Autoren dieser Vergleichsstudie signifikante Zusammenhänge zwischen den Änderungen verschiedener Schnellkraftparameter und dem Maximalkraftniveau der Probanden fest und verwiesen auf ein eventuell zu geringes Trainingsniveau der Sportler, um die Prozesse der PAP auszulösen und umzusetzen (Duthie et al., 2002; Gourgoulis et al., 2003; Güllich & Schmidtbleicher, 1996; Young et al., 1998). Obwohl in beiden Studien Sportstudenten aus Schnellkraftsportarten zur Verfügung standen, ist der Einfluss eines unterschiedlichen Maximalkraftniveaus auf die Ergebnisse nicht auszuschließen. In diesem Zusammenhang kann ein ebenfalls uneinheitliches Kraftausdauerniveau die Resultate bezogen auf die Pausenzeiten beeinflussen. Robbins und Docherty (2005) verweisen weiterhin auf die Möglichkeit, dass die von ihnen verwendete Pausenzeit von 4 min zwischen der Vorbelastung und den CMJ zu gering oder zu lang gewesen sei, obwohl es Studien gibt, in denen diese Pausenzeit erfolgreich eingesetzt wurde (Baker, 2003; Young et al., 1998).

Duthie et al. (2002) untersuchten Leistungsveränderungen im SJ nach 7-sekündigen MVC in einer Kniebeugeposition über drei Komplexsatzpaare. Diese Autoren konnten keine leistungssteigernden Effekte in den Parametern „maximale Sprunghöhe“, „mechanische Leistung“ und „Kraft“ feststellen. Im Gegensatz zur vorliegenden Studie nahmen an dieser Referenzstudie ausschließlich weibliche Probanden teil. Da männliche Sportler über mehr Muskelmasse im Allgemeinen und FT-Fasern (mit erhöhter Kapazität zur Entfaltung der PAP) im Speziellen verfügen, kann dieser Unterschied zu den verschiedenen Ergebnissen beigetragen haben, obwohl grundlegende Anpassungsprozesse an ein Krafttraining, wie beispielsweise Muskelhypertrophie und Faserwandlungen ebenfalls bei Frauen nachgewiesen wurden (Staron et al., 1989). Diesbezüglich stützen sich die Autoren der Referenzstudie auf den positiven Zusammenhang zwischen dem Kraftniveau von Sportlern und Parameteränderungen

(maximale Leistung und Kraft) zugunsten der stärkeren Athleten (Güllich & Schmidtbleicher, 1996; Young et al., 1998). Zudem könnten sich Potenzierungseffekte im langsamen DVZ des CMJ eher objektivieren lassen, als in der konzentrischen Bewegung des SJ. Des Weiteren beschreiben Duthie et al. (2002) in ihrer Studie nicht die Pausenzeit zwischen der Vorbelastung und den SJ. Somit kann eine inadäquate Pausenzeit (zu kurz oder zu lang) zum Ausbleiben von Leistungssteigerungen beigetragen haben. Dabei ist es möglich, dass bei zu kurzen Pausenzeiten Ermüdungsprozesse noch zu dominant vorhanden waren und potenzielle Potenzierungseffekte überlagerten. Andererseits können eventuelle Wirkungen der PAP bei zu langen Pausenzeiten bereits abgeklungen sein. In Übereinstimmung mit den aktuellen Ergebnissen zeigen die Resultate von Duthie et al. (2002) einen ermüdungsbedingten Abfall der Messparameter von Satz 1 zu Satz 2 und 3.

Esformes, Cameron und Bampouras (2010) untersuchten, wie in der gegenwärtigen Studie, die Auswirkung eines Komplexpaares (3 Kniebeuge mit 3-RM-Zusatzgewicht und einer Pause von 5 min) auf folgende CMJ. Sie stellten in keinem der drei untersuchten Sätze signifikante Steigerungen der CMJ-Sprunghöhe fest. Dies stimmt mit den aktuellen Ergebnissen der Pausenzeit von 5 min überein, was vermuten lässt, dass die Autoren der Vergleichsstudie signifikante Ergebnisse mit einer Pausenzeit von 1 min festgestellt hätten, zumal es Ähnlichkeiten in der Probandengruppe und dem Volumen sowie der Intensität der Vorbelastung gab.

Da es Studienergebnisse gibt, die Potenzierungen einer Kontrollbewegung nach einer Vorbelastung über mehrere Sätze zeigten (Clark et al., 2006; Güllich & Schmidtbleicher, 1996), sollten zukünftige Untersuchungen einen genauen Effizienzvergleich eines Trainings mit einer oder wiederholten Vorbelastungen vornehmen. In der aktuellen Studie konnte festgestellt werden, dass sich die Anwendung eines Komplexpaares (Kniebeuge+CMJ) über 2 Sätze signifikant potenzierend auf den Parameter „Sprunghöhe“ auswirkt, wobei die Tendenz auch im Satz 3 beobachtbar war. Damit scheint die optimale Satzanzahl für ein Komplextraining ebenso bei 2-3 Sätzen zu liegen, wie es Untersuchungen für ein traditionelles Krafttraining empfehlen (Krieger, 2009, 2010). Für eine Schlussfolgerung zur optimalen Satzanzahl hinsichtlich dieser Belastungsform im Mehrsatztraining bleibt weiterhin fraglich, ob 2-3 Sätze zu höheren Trainingsanpassungen führen oder sogar 4 Sätze im Sinne einer stärkeren ermüdungsbedingten Auslenkung des Systems (Fröhlich, 2006).

Einflussfaktor Trainingszustand der Probanden

Ob und zu welchem Zeitpunkt ein Sportler mit Ermüdungs- bzw. Potenzierungseffekten reagiert, kann unter anderem am Trainingszustand liegen (Sale, 2002). Dieser Einflussfaktor beinhaltet u. a. die z. T. individuell-genetisch determinierte Muskelfaser- und Faserverteilung sowie trainingsbedingte neuromuskuläre Anpassungen, wie z. B. einen größeren Typ-2-Faseranteil und Faserquerschnitt, eine verbesserte Aktivierungsfähigkeit, welche sich in der Rekrutierung und der Synchronisation von motorischen Einheiten bzw. Muskelfasern äußert (Paasuke et al., 2007) oder in einer verbesserten Ermüdungswiderstandsfähigkeit (Wilson et al., 2013).

Weber et al. (2008) untersuchten die Effekte von 5 Kniebeugen mit einer Zusatzlast von 85 % und einer Pausenzeit von 3 min auf folgende SJ in einer Gruppe leistungssportlicher Leichtathleten. Es wurde festgestellt, dass sich nach der benannten Vorbelastung die Parameter „Flughöhe“ und „maximale Bodenreaktionskraft“ signifikant erhöhten. Stattdessen wurden in einer Vergleichsgruppe, deren Vorbelastung aus 5 Wiederholungen SJ bestand (anstelle der 5 Wiederholungen Kniebeuge mit Zusatzlast), signifikante Reduktionen der Parameter ermittelt. In der aktuellen Studie konnten nach 3 min Pausenzeit und einer Vorbelastung von 3 Kniebeugen mit einer Zusatzlast von 87 % keine signifikanten Sprunghöhensteigerungen objektiviert werden. Die Gründe dafür können u. a. in den Unterschieden im Probandenstatus und in der Kontrollübung liegen. Diesbezüglich weisen die Autoren dieser Referenzstudie auf die bewusste Auswahl der Probandengruppe „Leistungssportler“ hin, die vermutlich positiver auf den Belastungsreiz reagieren. Dies wird damit begründet, dass die leichtathletischen Sprinter und Springer die FT-Fasern (Typ-2a/ 2x) im täglichen Training beanspruchen und dass entsprechend angesteuerte motorische Einheiten in besonderem Maße mit einer PAP reagieren. Die Grundlagen dafür können positive Trainingsadaptationen in den Bereichen Rekrutierung/ Synchronisation sein und eine verminderte präsynaptische Hemmung betreffen, die in vermehrten bzw. verstärkten Querbrückenverbindungen der Muskelfaserelemente münden. Auch Chiu et al. (2004) stellten in ihrer Studie fest, dass eine PAP vor allem bei Sportlern auftritt, die über einen hohen Anteil von schweren Myosinketten (MHC-2a) verfügen, was mit einer höheren Faserfläche vom Typ-2a korreliert und u. a. ein Indikator für langfristig absolvierte Trainingsprozesse sein kann (Fry et al., 2003). Des Weiteren weisen Güllich und Schmidtbleicher (1996) sowie Weber et al. (2008) auf starke interindividuelle Schwankungen in der Ansprechbarkeit auf gleiche Belastungsreize (Responder vs. Non-Responder) hin, die allerdings in der Praxis oft in gemeinsamen Trainingsgruppen trainieren. Folglich benennen die Autoren die Bedeutung erfolgversprechender Faktoren für die Auslösung der PAP, wie z. B. einen hohen Trainingsstatus, hohe Gewichte und Pausenzeiten zwischen 2-5 min (bzw. individuell festzustellende Pausenzeiten). Die aktuellen Studienergebnisse relativieren diese Aussagen bezüglich des Probandenstatus und die optimale Pausenzeit, da signifikante Steigerungen der Sprunghöhe bei Sportstudenten nach 1 min Pausenzeit ermittelt wurden. Auch Güllich und Schmidtbleicher (1996) konnten in ihrer Studie PAP-Effekte in einer Gruppe von Sportstudenten nachweisen, wobei sie feststellten, dass PAP-Effekte bei leistungssportlich trainierenden Athleten aus Schnellkraftsportarten signifikant höher sind und länger andauern als bei Sportstudenten.

Young et al. (1998) konnten in ihrer Untersuchung die höchsten Leistungssteigerungen im CMJ nach der Vorbelastung (Kniebeuge 5-RM) bei den Sportlern ermitteln, die eine höhere dynamische Maximalkraft im Eingangstest aufwiesen. Dies wird von der Studie von Gourgoulis et al. (2003) bestätigt, welche Potenzierungseffekte von 4 % in Form von Sprunghöhensteigerungen in einer Probandengruppe feststellte, die im Eingangstest der dynamischen Maximalkraft einen Wert > 160 kg erreichten. Dagegen wies die Probandengruppe mit Werten < 160 kg nur 0,4-prozentige Steigerungen auf. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch andere Wissenschaftler (Chiu et al., 2003; Duthie et al., 2002; French et al., 2003; Hamada

et al., 2000a; Kilduff et al., 2007), was zur Annahme führt, dass die leistungssteigernden Effekte einer postaktiven Potenzierung vor allem bei krafttrainierten bzw. leistungsorientierten Sportlern auftreten. Außerdem weisen Gourgoulis et al. (2003) auf die Möglichkeit hin, dass der Motoneuronenpool von trainierteren Sportlern höhere Aktivierungsfrequenzen toleriert. Außerdem wirken die Aktivierungsentladungen mit höheren Potentialen und in kürzeren Zeitabschnitten (aufgrund einer verbesserten Synchronisationsfähigkeit) und in einer vergrößerten Anzahl von Muskelfasern. Diesbezüglich konnten z. B. Chiu et al. (2003) Potenzierungseffekte nach einer Vorbelastung nur bei leistungsorientierten Sportlern und nicht bei Freizeitsportlern ermitteln. Dies stimmt mit den Studienergebnissen von Khamoui et al. (2009) sowie Scott und Docherty (2004) überein, die keine Potenzierungseffekte mit Freizeitsportlern nachweisen konnten. Auch Wilson et al. (2013) führen in ihrer Metaanalyse an, dass Sportler mit mindestens drei Jahren Krafttrainingserfahrung und hoher Maximalkraft im Sinne einer PAP-Reaktion besser reagieren als Untrainierte oder Freizeitsportler. In der aktuellen Studie waren die Probanden ambitionierte Sportstudenten mit Erfahrungen im Krafttraining, was den Nachweis der PAP begünstigt haben mag.

Im Zusammenhang mit dem beeinflussenden Faktor „Trainingszustand“ ist anzumerken, dass für den PAP-Nachweis eventuelle Vorbelastungen im Mikrozyklus zu berücksichtigen sind. Güllich und Schmidtbleicher (1996) stellten Leistungsrückgänge bei Sportlern fest, die einen Tag vor einem PAP-Protokoll anaerob-laktazide Belastungen absolvierten, obwohl regenerierte Sportler mit dem gleichen Belastungsprotokoll signifikante potenzierungsbedingte Steigerungen aufwiesen. Diese Leistungsrückgänge führen die Autoren auf Störungen des Energiestoffwechsels und eine reduzierte Erregbarkeit der Motoneurone zurück.

Weiterhin ist die Zusammensetzung der Experimentalgruppen in den verschiedenen Studien zu beachten. So gibt es Studien, in denen die Gruppen gemischtgeschlechtlich zusammengesetzt waren (Chiu et al., 2003; Güllich & Schmidtbleicher, 1996; Jensen & Ebben, 2003; Stone et al., 2008) und nur wenige, die sich auf Frauen konzentrierten (Duthie et al., 2002; Paasuke et al., 2007; Rixon et al., 2007). Diesbezüglich fordern Witmer et al. (2010) die getrennte Analyse von PAP-Effekten zwischen den Geschlechtern, um spezifische Unterschiede feststellen zu können. Diese Forderung beruht auf der Feststellung geschlechtsspezifischer Unterschiede, wie z. B. einem größeren Anteil von Typ-2-Muskelfasern bzw. fettfreiem Gewebe der Männer (Rixon et al., 2007), oder festgestellter Unterschiede zwischen den Geschlechtern bezüglich des Ermüdungs- bzw. PAP-Verhaltens (O'Leary, Hope & Sale, 1998; Paasuke, Ereline, Gapeyeva, Toots & Toots, 2003). In den Studien von Duthie et al. (2002), Rixon et al. (2007), Witmer et al. (2010) und Moir et al. (2011) wurde gleichsam ermittelt, dass in weiblichen Untersuchungsgruppen keine Potenzierungseffekte nach dynamischen Vorbelastungen mit hohen Zusatzlasten (ca. 90 % des EWM) vorliegen. Da in der aktuellen Studie die Probandengruppe ausschließlich männliche Sportler beinhaltete, wird eine PAP-Begünstigung angenommen.

Andererseits wiesen Paasuke et al. (2007) signifikante Steigerungen verschiedener Kraftparameter nach 10-sekündigen MVC in weiblichen Untersuchungsgruppen nach. Sie stellten akute PAP-Effekte 2 s nach der Vorbelastung fest, die sich inner-

halb von 3 min stark reduzierten. Weiterhin resümierten sie, dass schnellkrafttrainierende Frauen im Vergleich zu ausdauertrainierenden Frauen höhere PAP-Ausprägungen aufweisen und diese anschließend auch langsamer abfallen. Im Zusammenhang mit der Metaanalyse von Wilson et al. (2013) wurden keine geschlechtsspezifischen Unterschiede im Auftreten von PAP-Wirkungen nach Vorbelastungen festgestellt.

Einflussfaktor Art der Bewegung/ differenzielle Muskelaktivierung

Betrachtet man den Einflussfaktor „Art der Bewegung“ muss sowohl die Art der Vorbelastung als auch die Art der Kontrollübung bzw. -bewegung und deren biomechanische Ähnlichkeit betrachtet werden. Weiterhin ist die Muskelaktivierung von Agonisten, Synergisten und Antagonisten zu berücksichtigen.

French et al. (2003) wiesen aufgrund ihrer Studienergebnisse auf eine Einflussmöglichkeit der Art der Vorbelastungs- bzw. Kontrollübung auf den Nachweis von PAP-Effekten hin. Sie fanden Leistungssteigerungen nach MVC-Belastungen (3 s), die sich ausschließlich während DJ und nicht während CMJ oder während eines 5 s-Fahrradsprints nachweisen ließen. Damit unterstützen sie die Ergebnisse von Hamada et al. (2000a), die belegten, dass PAP-Effekte am besten während Muskelkontraktionen mit hohen Geschwindigkeiten und kurzer Dauer (< 250 ms) nachgewiesen werden können. Im Gegensatz dazu konnten Comyns et al. (2010) keine Verbesserungen der Sprintleistung, die ebenfalls kurze Bodenkontaktzeiten und schnelle DVZ beinhaltet, nach einer Vorbelastung von 3-RM-Kniebeugen und 4-minütigen Pausenzeiten feststellen. Sie führten das Ausbleiben von PAP-Effekten vor allem auf ein mögliches Defizit der Sprinttechnik ihrer Probanden zurück. Des Weiteren besteht die Möglichkeit einer unzureichenden biomechanischen Ähnlichkeit zwischen der vertikal gerichteten Kniebeuge und den horizontal-vertikal gerichteten Kraftstößen während des Sprintlaufes. Bezogen auf den Einflussfaktor „Art der Kontrollbewegung“ weisen Babault et al. (2008) darauf hin, dass PAP-Effekte nach evozierten MVC deutlicher nach konzentrischen Bewegungen auftreten als im isometrischen Zustand und dass exzentrische Bewegungen am geringsten von PAP-Effekten profitieren. Zudem untersuchten Requena et al. (2010) den Zusammenhang zwischen verschiedenen Kontrollverfahren zum Nachweis von unmittelbar auftretenden PAP-Effekten nach evozierten MVC. Sie dokumentierten den signifikanten Zusammenhang zwischen verbesserten Leistungen im 15 m-Sprintlauf, im CMJ und im SJ mit den Steigerungen der maximalen Kontraktionskraft und Kraftentwicklungsrate nach evozierten Nervenstimulationen der Oberschenkelmuskulatur.

In einer der grundlegendsten und oft zitierten Arbeit zur PAP-Thematik analysierten Güllich und Schmidtbleicher (1996) die Auswirkung verschieden konfigurierter MVC-Belastungen auf nachfolgende Schnellkraftleistungen. Sie konnten einerseits nachweisen, dass sich 8 CMJ im Abstand von 20 s von Sprung zu Sprung (ohne Vorbelastung) im Parameter „Flughöhe“ steigern. Andererseits wurde der gleiche Verlauf mit PAP-Effekten nach einer Vorbelastung (MVC) von 3 x 5 s und 5 min Satzpausen beobachtet. Diese Effekte wurden für den CMJ und DJ in einem Zeitraum von

3-5 min nach der MVC-Belastung in einer leistungssportlichen Probandengruppe festgestellt. Die Autoren dieser Studie betonen die Notwendigkeit höchster Innervationsfrequenzen zur Auslösung der PAP.

Rixon et al. (2007) verglichen in ihrer Studie verschiedene Arten der Vorbelastung, indem sie 3 x 3-sekündige MVC und 1 x 3-RM Kniebeuge (ca. 90 % des EWM) in ihrer Auswirkung auf CMJ analysierten (Pausenzeit: 3 min). Sie stellten fest, dass die MVC-Belastung höhere PAP-Effekte in den Parametern „Sprunghöhe“ und „maximale Leistung“ erwirkte als die Kniebeugebelastung, die sich im Vergleich zu den Ausgangswerten nicht signifikant steigerte. Die Autoren dieser Studie führten das Ergebnis einerseits darauf zurück, dass die MVC-Belastung, die in einem festen Kniewinkel ausgeführt wurde, höhere Werte in den Bereichen Rekrutierung und Frequenzierung erreicht (Güllich & Schmidtbleicher, 1996; Sale, 2002). Andererseits begründeten sie den Unterschied mit den geringeren metabolischen Kosten der MVC-Belastung im Vergleich zur dynamischen Belastung und somit mit einer geringeren niederfrequenten Ermüdung. Nach eigener Einschätzung kann allerdings nicht ausgeschlossen werden, dass zu diesen Ergebnissen die Nettoanspannungszeit des Belastungsreizes, die mit 9 s im MVC wahrscheinlich höher war als die Anspannungszeit der dynamischen Belastung, beigetragen hat. Ebenso wirkte eine verschiedene Dichte der Belastungsreize (2 min MVC-Pausen vs. keine Angabe zur Pause zwischen den drei Wiederholungen der Kniebeuge). Weiterhin führen Rixon et al. (2007) das Ausbleiben von PAP-Wirkungen nach der Kniebeugebelastung auf eine zu hohe Intensität für die gemischtgeschlechtliche Gruppe, eine zu geringe Bewegungsgeschwindigkeit oder zu hohe exzentrische Kraftwerte zurück. Aufgrund der Ergebnisse der aktuellen Untersuchung besteht jedoch weiterhin die Möglichkeit, dass PAP-Effekte bereits nach 1 min aufgetreten und nach 3 min bereits wieder abgeklungen sein können bzw. dass sich der zeitliche Verlauf der PAP-Effekte zwischen MVC- und Kniebeugebelastung generell unterscheidet.

Eine weitere Form der Vorbelastung zur Auslösung möglicher PAP-Effekte ist die elektrische Oberflächenstimulation der Muskulatur. Diesbezüglich untersuchten Requena et al. (2005) verschiedene Stimulationskonfigurationen am m. pectoralis und ihren Einfluss auf Messparameter beim Bankdrücken nach verschiedenen Pausenzeiten (5 min, 8 min und 11 min). Sie diagnostizierten keine signifikanten PAP-Effekte und begründeten ihre Ergebnisse mit zu langen Pausenzeiten und einer gegenüber von Willkürbewegungen veränderten Rekrutierung von Muskelfasern. Die Ursache der zu langen Pausenzeit kann aufgrund der aktuellen Ergebnisse unterstützt werden. Außerdem weisen O'Leary et al. (1997) darauf hin, dass PTP-Effekte unmittelbar nach der Stimulation am höchsten sind und anschließend nachlassen. Durch die simultane Wirkung von Ermüdungs- und PAP-Prozessen scheint daher eine Pausenzeit von 1 min für einen hohen Leistungsoutput, aufgrund nachlassender Ermüdung und vorhandener Potenzierung, plausibel.

Im Vergleich der Vorbelastungsarten „Kniebeuge (3-RM)“ und „plyometrische Übungen“ stellten Esformes et al. (2010) fest, dass die intensivere Vorbelastungsart der Kniebeuge signifikant bessere Sprunghöhen in folgenden CMJ ermöglicht als die Ausführung plyometrischer Übungen. Sie interpretierten das Ausbleiben signifikanter

Steigerungen mit dem zeitgleichen Wirken von Ermüdung und PAP, so dass die PAP nicht als Steigerung, sondern als das Verhindern von ermüdungsbedingten Verlusten zum Ausdruck kam. Andererseits empfehlen sie für zukünftige Studien die Verwendung intensiverer Sprungformen, wie z. B. Tiefsprünge und die Reduktion der Sprunganzahl, da sie 4 x 6 Sprünge als Vorbelastung einsetzten und keine PAP-Effekte nachwiesen.

Im Hinblick auf eine empfehlenswert hohe Spezifik zwischen Vorbelastungs- und Kontrollübung weisen Autoren z. B. auf kniewinkelabhängige Muskelbeteiligungen bei Kniebeugebewegungen hin (z. B. Caterisano et al., 2002) und empfehlen die Kontrolle der Ausführungstiefe zwischen der Vorbelastungskniebeuge und den CMJ-Kontrollsprüngen (Moir et al., 2011). Dass der Einflussfaktor „Art der Vorbelastungs- und Kontrollübung“ im Zusammenhang mit weiteren Faktoren betrachtet werden muss, zeigen die z. T. widersprüchlichen Ergebnisse, die sowohl Leistungssteigerungen als auch keine Veränderungen nach verschiedenen Bewegungsarten umfassen (Moir et al., 2011).

Hamada et al. (2000a) belegten verstärkte Potenzierungseffekte in Muskeln, die durch die Spezialsportart der Sportler trainiert werden. Daher kann für die aktuelle Untersuchung angenommen werden, dass die Art der Vorbelastung (Kniebeuge) und Testbewegung (CMJ) das Auftreten von Steigerungen vor dem Hintergrund begünstigt haben mag, dass alle beteiligten Sportler aus Schnellkraftdisziplinen mit Beanspruchung der unteren Extremitäten stammen.

Von der geringen Anzahl der Studien, die akute Belastungsreaktionen mit dem EMG-Verfahren analysierten, konnte die überwiegende Anzahl keine signifikanten Änderungen nachweisen, obwohl z. T. signifikante Leistungssteigerungen vorlagen (French et al., 2003). Dies erscheint vor dem Hintergrund plausibel, dass sich Potenzierungswirkungen, neben Veränderungen auf neuromuskulärer Ebene, auch auf zellulärer Ebene begründen (vgl. Kap. 2.2.1.), die i. d. R. nicht messtechnisch erfasst werden. French et al. (2003) untersuchten z. B. die EMG-Amplitudenhöhe des m. vastus medialis nach einer Vorbelastung mit 3-sekündigen bzw. 5-sekündigen MVC. Auch wenn das Signifikanzniveau nicht erreicht wurde, zeigte sich tendenziell eine Erhöhung der Muskelaktivität nach der Belastung mit 3 s, während eine Reduktion nach 5 s Belastung vorlag. Die Aktivitätserhöhung in dieser Analyse erfolgte im Einklang mit den Sprunghöhensteigerungen im DJ (jedoch nicht im CMJ). In der aktuellen Studie konnten keine EMG-Veränderungen im m. vastus medialis nachgewiesen werden. Gegensätzlich ist das Ergebnis einer signifikant erhöhten maximalen EMG-Amplitude des m. soleus im Einklang mit Leistungsverlusten nach 10 s. Außerdem wiesen aktuell die Parameter „Zeit bis zur maximalen Aktivität des m. biceps femoris“ und „Prozentualer Anteil des m. rectus femoris an der Gesamtaktivität des m. quadriceps femoris“ nach einer Pausenzeit von 10 s Besonderheiten auf, die mit Sprunghöhenverlusten im CMJ einher gingen. Clark et al. (2006) weisen in diesem Zusammenhang darauf hin, dass die Muskelspindeln mit der Funktion der Regulation von Steifigkeit und Kokontraktion ebenfalls dem Einfluss von Ermüdungs- und PAP-Effekten unterliegen. Somit sind möglicherweise die Leistungsverluste nach 10 s

Pausenzeit in der aktuellen Analyse aufgrund einer verschlechterten intermuskulären Koordination entstanden.

Ebben et al. (2000) fanden keine akuten Leistungssteigerungen bei Medizinballwürfen nach einem Satz Bankdrücken (3-5 Wdh.) mit 90-95 % des EWM in einer Gruppe von Leistungssportlern. Die Autoren dieser Vergleichsstudie führten das Ausbleiben von Leistungssteigerungen u. a. auf unveränderte EMG-Parameter und somit auf unveränderte Erregungen der motorischen Einheiten und des zentralen Nervensystems zurück (Jones & Lees, 2003). In der Diskussion ihrer Ergebnisse stellten sie einerseits das Komplextraining hinsichtlich seiner Wirkungen in Frage bzw. beschränkten dessen Wirkung auf den organisatorischen Vorteil (Kombination verschiedener Trainingsmethoden in einer Trainingseinheit). Andererseits empfehlen sie die Weiterentwicklung der Messmethodik ebenso wie Gossen und Sale (2000), die ebenfalls keine Veränderungen in EMG-Parametern des m. vastus lateralis nach einer Vorbelastung mit 10-sekündigen MVC ermittelten. Diese Autoren wiesen darauf hin, dass das Oberflächen-EMG u. U. nicht sensibel genug ist, um Veränderungen während der maximalen Entladungsraten der motorischen Einheiten zu registrieren.

Mitchell und Sale (2011) wiesen gleichzeitig PAP-Effekte in Form von erhöhten isometrisch-evozierten maximalen Kontraktionskräften des m. quadriceps femoris und Steigerungen der CMJ-Sprunghöhe nach 5-RM Kniebeuge und 4-minütigen Pausenzeiten nach. Dabei betrug die Steigerung der maximalen Kontraktionskraft 10,7 % (eine Steigerungsrate, die mit denen von MVC-induzierten Vorbelastungen übereinstimmt) und die der CMJ-Sprunghöhe 2,9 % (Hamada et al., 2000a). Da die grundlegenden PAP-Mechanismen den Kraftanstieg und die Verkürzungsgeschwindigkeit steigern, führten die Autoren der Vergleichsstudie die CMJ-Verbesserung auf diese Wirkungen zurück. Bezüglich des Steigerungsverlustes zwischen maximaler unwillkürlicher Kontraktionskraft und willkürlicher CMJ-Sprunghöhe diskutierten die Autoren einerseits die isometrische Diagnostik einer Muskelgruppe im Verhältnis zur dynamischen Wirkung vieler Muskelgruppen während der CMJ-Bewegung. Andererseits weisen sie auf die gleichzeitige Wirkung von Ermüdungs- und Potenzierungseffekten hin, so dass starke Potenzierungseffekte in Form von lokal-gesteigerten, unwillkürlichen Kontraktionskräften vorliegen können, die aber gleichzeitig im Gesamtleistungsausput des CMJ durch Ermüdungseffekte (zentrale, biochemische, etc.) abgeschwächt bzw. überdeckt werden können. Erst wenn diese Ermüdungseffekte abklingen und eine Potenzierung weiterhin vorliegt, sind maximale Leistungen diagnostizierbar. Folglich kann sich ein Verzögerungseffekt zwischen erhöhten Muskelaktivitäten bzw. Kontraktionskräften und einem erhöhten Leistungsausput einstellen. In Bezug auf die aktuellen Ergebnisse kann dieser Verzögerungseffekt bei der Interpretation der Ergebnisse herangezogen werden. Es ist demnach möglich, dass sich die nach 10 s festgestellten Steigerungen der EMG-Parameter im Bereich des m. soleus und m. rectus femoris auf den Leistungsausput (CMJ-Sprunghöhe) nach 1 min auswirkten bzw. die Abnahme der mittleren Aktivität des m. vastus lateralis die folgenden Zeitpunkte beeinflusste. Abgesehen davon ist es denkbar, dass je nach Vorbelastungs- und Muskelfaserart die diagnostizierten Muskeln verschiedene Ermüdungs-

und Potenzierungsverläufe aufweisen und sich je nach Art der Kontrollübung verschieden auswirken (Problematik der Spezifik bzw. des Transfers).

Auch Gossen und Sale (2000) untersuchten Potenzierungseffekte nach einer Vorbelastung (10 s-MVC) mit verschiedenen Kontrollverfahren und objektivierten das gleichzeitige Auftreten von Ermüdungs- und PAP-Effekten. Sie analysierten sowohl die Kontraktionskraft nach evozierten Stimulationen als auch die maximale Geschwindigkeit der Beinstreckbewegung gegen unterschiedliche Lasten. Sie stellten einerseits signifikante Anstiege der maximalen Kontraktionskraft während zweier Kontraktionen fest, die 15 s bzw. 40 s nach der MVC erfolgten (PAP-Wirkung). Andererseits konnten diese Steigerungen nicht im Parameter „Maximalgeschwindigkeit“ der Beinstreckbewegung nachgewiesen werden (Ermüdungswirkung). Dort zeigten sich unter anderem auch Leistungsverluste nach zu kurzen Pausenzeiten (< 1 min) trotz gleichzeitigem Nachweis der PAP in Form gestiegener evozierter Kontraktionskraft. Außerdem zeigte sich die beginnende Leistungspotenzierung, da die Geschwindigkeit der Beinstreckbewegung mit steigender Pausenzeit zunahm (bei gleichzeitiger Abnahme der maximalen evozierten Kontraktionskraft). Diese Ergebnisse unterstützen die Erkenntnisse von Mitchell und Sale (2011) und die zuvor angeführten Interpretationen der eigenen Resultate. Gossen und Sale (2000) machen für die ermittelten Leistungsverluste sowohl periphere als auch zentrale Ermüdungsmechanismen verantwortlich. Sie empfehlen zur Erforschung der höchsten Leistungsentfaltung im Zusammenspiel von PAP und Ermüdung eine Reihe von Versuch-Irrtum-Experimenten, die vor allem die Einflussfaktoren „Intensität“ und „Volumen“ der Vorbelastung sowie die „Pausenzeit“ zur Leistungsentfaltung bzw. Kontrollleistung untersuchen.

Baker und Newton (2005) stellten die Bedeutung der Aktivierung der antagonistischen Muskulatur heraus, indem sie nachwiesen, dass eine antagonistische Vorbelastung mit einem Satz (á 8 Wdh.), 50 % des EWM und 3 min Pausenzeit zu signifikanten Steigerungen der Leistung der agonistischen Muskulatur führt (Burke et al., 1999). Sie verweisen außerdem auf Trainingsanpassungen in Form einer erhöhten reziproken Hemmung der antagonistischen Muskulatur, die zu Leistungsverbesserungen der Agonisten führen. Gerade bei schnellkräftigen Bewegungen scheint die unwillkürliche Kokontraktion von agonistischer und antagonistischer Muskulatur einen Einfluss auf die Schnellkraftleistung auszuüben (Jaric et al., 1995; Moritani, Muro, Ishida & Taguchi, 1987). Diesbezüglich diskutieren Baker und Newton (2005) die Dauer und Intensität des dreiphasigen Muskelaktivitätsmusters bei schnellen Bewegungen (starke Agonistenaktivierung gefolgt von Antagonistentätigkeit und zweiter Agonistenanspannung). Bezogen auf die aktuellen Ergebnisse ergibt sich die Frage, ob eine reduzierte Aktivierung des m. vastus lateralis im beschriebenen Sinne ebenfalls zu einer positiven Beeinflussung der schnellkräftigen Beinstreckung während des CMJ führt.

Güllich und Schmidtbleicher (1996) beobachteten in diesem Zusammenhang die signifikante Reduktion der Amplitude des H-Reflexes des m. gastrocnemius lateralis und m. soleus kurz nach der Vorbelastung (5 x 5 s MVC mit 1 min Satzpause) sowie eine Erhöhung im Zeitbereich von 4-11 min. Dies stimmt nicht mit den Ergebnissen

der aktuellen Studie überein, da die maximale EMG-Amplitude des m. soleus 10 s nach der Vorbelastung tendenziell erhöht war und die im Parameter „Sprunghöhe“ potenzierten Sprünge keine Auffälligkeiten aufwiesen. Dieser Unterschied kann zunächst nur mit den Verschiedenheiten in den Untersuchungsdesigns (Art der Vorbelastung, Messverfahren, Art der Kontrollübung, Probandenstatus) erklärt werden. Außerdem stellten die Autoren der Vergleichsstudie beträchtliche interindividuelle Unterschiede bezüglich der individuell höchsten Reflexpotenzierung fest (bei intraindividuellem Stabilität).

3.6. Methodenkritik

Die Messungen der CMJ als Kontrollsprünge erfolgten vor der Belastung und anschließend zu verschiedenen Pausenzeiten über mehrere Sätze in einer Zeiteinheit von ca. 1,5 h. Deshalb sind Einflüsse der Bewegungsausführungen auf die folgenden Versuche nicht auszuschließen (Comyns et al., 2006; Scott & Docherty, 2004). Es ist notwendig, die aktuellen Ergebnisse mit weiteren Untersuchungen (ggf. mit Messungen von verschiedenen Pausenzeiten an verschiedenen Tagen) zu bestätigen. Dutchie et al. (2002) wählten außerdem statt dem CMJ den SJ für die dynamische Schnellkraftdiagnostik, um den Einfluss verschiedener Kniewinkel oder exzentrischer Bewegungen zu minimieren. In der gegenwärtigen Untersuchung fiel die Entscheidung bewusst zugunsten des CMJ, da Bewegungen im DVZ für die gewählte Probandengruppe spezifischer sind.

In Bezug auf die Beeinflussbarkeit der dynamischen Messmethoden (EWM und CMJ) ist auch die Verwendung des MVC-Verfahrens denkbar, das im Vergleich zu den dynamischen Verfahren geringere Anforderungen an die Bewegungskoordination stellt (Chiu et al., 2004). Unter Betrachtung der Auswahl der Messparameter empfehlen Witmer et al. (2010) die Analyse des Parameters „Steifigkeit“, da dieser eventuell sensibler auf Veränderungen reagiert und somit den Nachweis von PAP-Effekten vereinfacht (Comyns et al., 2007).

Die Messung der Bodenreaktionskraft mittels Dynamographie erfolgte am Ende der Körpergliederkette der Probanden, weshalb der Einfluss anderer Muskeln nicht komplett ausgeschaltet werden konnte. Die anschließende Berechnung weiterer Parameter unterliegt ebenfalls diesem Einfluss. In der aktuellen Studie wurde das EMG-Verfahren eingesetzt, um eine Veränderung der Aktivität motorischer Einheiten zu überprüfen. Damit verbunden sind Nachteile der Oberflächenmyographie, wie z. B. das Auftreten von Artefakten bzw. die Beeinflussung der bioelektrischen Signale durch benachbarte Muskelgruppen (engl.: cross talk). Um eine genauere Interpretation und Lokalisation bezüglich neuromuskulärer Ursachen durchführen zu können, sollten zukünftige Untersuchungen das EMG-Verfahren mit Weiteren ergänzen, wie z. B. mit der Analyse des Hoffmann-Reflexes bzw. der M-wave (Hodgson et al., 2005; Jones & Lees, 2003; Knight et al., 2008; Sotiropoulos et al., 2010). Zum Zeitpunkt der Datenerhebung stand dieses Verfahren für die aktuell beschriebene Untersuchung nicht zur Verfügung. Außerdem ist darauf hinzuweisen, dass die Ergebnisse

und deren statistische Bearbeitung aufgrund der geringen Probandenzahl durch zusätzliche Untersuchungen abzusichern sind (Clark et al., 2006).

In der gegenwärtigen Analyse wurde keine Kontrollgruppe verwendet (Sotiropoulos et al., 2010), da einerseits genügend Studien vorliegen, die PAP-Effekte in Experimentalgruppen im Vergleich zu Kontrollgruppen nachwiesen und andererseits der Pausenzeitvergleich im Mittelpunkt der Untersuchung stand. Dennoch kann eine Kontrollgruppe belegen, dass das Erwärmungsprogramm oder die Kontrollsprünge zu verschiedenen Zeitpunkten keinen Einfluss auf die Ergebnisse ausüben. Eine vergleichbare Gruppe von Leistungssportlern konnte trotz Bemühungen in der verfügbaren Zeit nicht rekrutiert werden. Um das Vorhaben insgesamt nicht zu gefährden, wurde der beschrittene Weg für akzeptabel erachtet.

3.7. Trainingswissenschaftliche Folgerungen und Ausblick

Nach den Ergebnissen der vorliegenden Studie ist eine Pausenzeit von 1 min zwischen der Kraftbelastung (Kniebeuge mit Zusatzlast) und der folgenden plyometrischen Übung im langen bzw. langsamen DVZ (CMJ) in einer Gruppe von männlichen Sportstudenten zu empfehlen. Die Resultate sind spezifisch für diese Probandengruppe erhoben worden. Folgerungen beziehen sich demnach konkret auf das untersuchte Klientel und können nicht auf andere Populationen verallgemeinert werden. Da bis auf das EMG-Verfahren keine Messverfahren eingesetzt wurden, die auf weitere personeninterne Prozesse (z. B. Hormonstatus, etc.) und Einflussfaktoren hinweisen, wurden die Ergebnisse hauptsächlich in Bezug auf die einleitend beschriebenen Prozesse und Einflüsse diskutiert und interpretiert. Dies kann zum Ausschluss weiterer Faktoren geführt haben.

Die Ergebnisse sind bedeutsam für die Gestaltung effektiver Trainings- bzw. Erwärmungsprozesse in Schnellkraftdisziplinen. Empfehlungen zur strukturellen Gestaltung eines Erwärmungsprogramms beinhalten i. d. R. kurze aerobe Phasen des Einlaufens, gefolgt von Dehnungsübungen und sportartspezifischen Bewegungen mit dem Ziel der Verletzungsprophylaxe und der Vorbereitung einer Leistungsmaximierung. In der letzten Phase (spezifische Bewegungen) kann die Ausführung von drei Kniebeugen mit einer Zusatzlast von 87 % für Sportstudenten aus schnellkraftorientierten Sportarten/ Disziplinen empfohlen werden, um eine optimale Steifigkeit der serienelastischen Komponenten und eine schnelle Aktivierung des kontraktiven Apparats zu begünstigen (Güllich & Schmidtbleicher, 1996; Rassier & MacIntosh, 2000; Wilson, Wood & Elliot, 1994). Diese Vorbelastung sollte 1 min vor der Leistungserbringung erfolgen. Zudem ist darauf zu achten, dass die Pausenzeit zur Vorbelastung nicht zu kurz ist, da ansonsten Leistungsbeeinträchtigungen auftreten können. Des Weiteren ist künftig zu prüfen, ob und wie hoch die Steigerungen in den möglicherweise auftretenden zwei Zeitfenstern der PAP sind (Faigenbaum et al., 2010) und wie die optimale Pausenzeit zwischen den Sätzen der Komplexpaare zu gestalten ist.

Da in einigen Untersuchungen bei Probanden mit geringem Kraftniveau keine Potenzierungseffekte nachgewiesen wurden (z. B. Duthie et al., 2002), ist eine gewisse Kraftbasis als Voraussetzung für das Entstehen der PAP notwendig. Daher wird die praktische Umsetzung der Studienergebnisse, insbesondere für leistungssportlich trainierende, männliche Sportler empfohlen. Außerdem scheinen die in der aktuellen Studie angewendeten Belastungsparameter (1 Satz á 3 Wiederholungen Kniebeuge mit 87 % des EWM) für das Auslösen einer PAP zu sprechen. Es wird weiterhin eine hohe Zusatzlast und hohe Spezifik zwischen der Vorbelastung und der Kontrollübung empfohlen, da die grundlegenden Potenzierungsmechanismen (z. B. verbesserte Phosphorylierung) muskelspezifisch wirken und sich in der aktuellen Untersuchung wahrscheinlich einstellten. Diesbezüglich empfehlen Crewther et al. (2011) horizontale Kniebeuge als Vorbelastung für den Sprintlauf einzusetzen. In der aktuellen Studie konnten außerdem leistungssteigernde Effekte über 2-3 Sätze nachgewiesen werden. Bevor dies als Trainingsempfehlung formuliert werden kann, ist zu überprüfen, ob sich ein gleichartiges Schnellkrafttraining in mehrwöchigen Trainingsexperimenten auch in stabilen Trainingssteigerungen ausdrückt. Dabei sollte ein Vergleich des Trainings mit 2, 3 und 4 Sätzen erfolgen, um den effektivsten Trainingsreiz für die entsprechende Probandengruppe herauszufinden.

Aufgrund der Komplexität der diskutierten Wirkfaktoren kann für die Praxis empfohlen werden, die Belastungsparameter des Komplexpaares (Zeit, Intensität, etc.) individuell bzw. gruppenspezifisch zu testen. Bezüglich des aktuellen Studiendesigns ist es notwendig, die objektivierten Ergebnisse mit leicht veränderten Variablen (z. B. Zusatzlast, Probandenstatus) auf ihre Effektivität hin zu überprüfen. Auch der Transfer auf den Trainingsprozess erfordert, dass zukünftige Studien untersuchen, inwieweit sich Sprünge (unterschiedliche Art, Anzahl, Dichte) nach 1 min Pause zur Vorbelastung zur Auslösung von Trainingsadaptation eignen und wie viele Sätze dieser Komplexpaare (Kniebeuge+CMJ) am effektivsten sind. Weiterhin sind aktuelle Entwicklungen in der Trainingsmethodik des Krafttrainings auf ihre Integration hin zu prüfen. Beispielsweise zeigten die Studien von Ebben, Flanagan und Jensen (2008) sowie Ebben, Kaufmann, Fauth und Petushek (2010), dass ein Aktivierungspotential (engl.: concurrent activation potentiation bzw. CAP) in Form des gleichzeitigen Zusammenpressens der Kiefer mit der Ausführung von Sprüngen zu signifikanten Sprunghöhensteigerungen führen kann.

4. Studie 2 – Trainingsstudie zum Vergleich der Methodenkombinationen Kraft- und Plyometrietaining sowie EMS- und Plyometrietaining

4.1. Spezifische Problemstellung

Die Schnellkraft der unteren Extremitäten ist ein leistungsbestimmender Faktor in vielen Sportspielen. Sie beeinflusst direkt die Qualität der elementaren Bewegungsfertigkeiten Laufen und Springen (Gabbett & Georgieff, 2007) und unterstützt indirekt erfolgsorientierte, volleyballspezifische Handlungen im Angriff und in der Abwehr (Rodriguez-Ruiz et al., 2011; Sheppard et al., 2008). Im Leistungssport ist seit einigen Jahren ein Trend zu höheren Spielgeschwindigkeiten zu beobachten, weshalb die Bedeutung konditioneller Fähigkeiten, insbesondere der Schnellkraft, zunimmt (Filipovic et al., 2012). Dies betrifft im Volleyball z. B. eine Zunahme der Ballgeschwindigkeit beim Zuspiel (Fellingham, Hinkle & Hunter, 2013). Deshalb müssen Angriffsspieler den Anlauf schneller und frühzeitiger gestalten. Des Weiteren sind im Leistungssport der Sportspiele aufgrund einer zunehmenden Wettbewerbsdichte, geringen Regenerationszeiten, hohen Trainingsumfängen und einer Vielzahl zu trainierender Leistungsfaktoren ökonomische Trainingsverfahren zur Schnellkraftentwicklung erforderlich (Maffiuletti et al., 2009). Da wissenschaftliche Studien den Einfluss des Kraftniveaus des m. quadriceps femoris und des m. triceps surae auf Sprung- und Sprintleistungen belegen (Filipovic et al., 2012; Weineck, 2007), ist ein Schnellkrafttraining mit geeigneten Methoden für Leistungssportler im Volleyball unverzichtbar.

Zur Entwicklung der Schnellkraftfähigkeiten der unteren Extremitäten werden in der Trainingswissenschaft verschiedene Einzel- und Kombinationsmethoden empfohlen. Als Einzelmethode zeigten sich etwa das Kraft-, Plyometrie- oder EMS-Training wirksam (Arabatzis et al., 2010; Luebbers et al., 2003; Maffiuletti et al., 2000; Saez de Villarreal et al., 2013). Im Effizienzvergleich der Einzelmethoden hinsichtlich spezifischer Kraftsteigerungen besteht Uneinigkeit zwischen den Wissenschaftlern (Bax et al., 2005; Dehail, Duclos & Barat, 2008; Requena-Sanchez, Padial-Puche & Gonzalez-Badillo, 2005; Vanderthommen & Duchateau, 2007). Im Gegensatz zur Verwendung dieser Einzelmethoden versprechen zahlreiche Studien größere Trainingseffekte mit dem Einsatz von Methodenkombinationen innerhalb einer Trainingseinheit bzw. im Mikrozyklus einer Trainingswoche (Adams et al., 1992; Maffiuletti et al., 2002a; Rahimi & Dehpur, 2005; Schlumberger et al., 2003; Seyri & Maffiuletti, 2011). Dabei stellt die Kombination von Kraft- und Plyometrietaining (engl.: complex/ contrast training) eine Möglichkeit dar, während die Kombination von EMS- und Plyometrietaining eine weitere Variante bietet.

Die positive Wirkung eines Komplextrainings, bestehend aus Krafttraining mit Zusatzlast und plyometrischen Trainingsübungen, wurde in zahlreichen Studien nachgewiesen (z. B. Adams et al., 1992; Siegler et al., 2003; Wirth et al., 2007). Allerdings gibt es auch Studien, die keine Leistungssteigerungen feststellten (Delorme, 1945; Ebben et al., 2000). Daher empfehlen mehrere Autoren die weitere Erforschung dieser Trai-

ningsmethodik inklusive der Einzelparameter (Docherty & Hodgson, 2007; Robbins, 2005; Verchoshanskij, 1995).

Im Bereich des EMS-Trainings wurde in zahlreichen Studien belegt, dass Maximalkraftsteigerungen der unteren Extremitäten bis zu 62 % in Folge von 3-6-wöchigen Trainingsphasen erfolgen (Sanchez et al., 2005; Wolf et al., 1986). Außerdem wird darauf hingewiesen, dass für sportartspezifische Leistungssteigerungen mit Anteilen von Sprüngen oder Sprints eine Kombination des EMS-Reizes mit einem plyometrischen Training sinnvoll erscheint (Babault et al., 2007; Koz, 1971; Maffiuletti et al., 2000; Malatesta et al., 2003; Michel, 2003). Dennoch wurden bisher nur wenige Studien durchgeführt, die diese Kombinationsart auf ihre Wirksamkeit hin überprüften bzw. mit anderen Trainingsmethoden verglichen (Benito-Martinez et al., 2011; Herroero et al., 2006; Maffiuletti et al., 2002a; Stutzig, 2009). Außerdem wurden die meisten der EMS-Studien mit Probandengruppen durchgeführt, die keine Leistungssportler bzw. Sportler mit nationalem Spitzenniveau in der jeweiligen Schnellkraftsportart waren. Diesbezüglich betonten Seyri und Maffiuletti (2011) den Bedarf neuer Trainingsreize (neuromuskulär, metabolisch) im Leistungssport. Zusätzlich gibt es nur wenige Studien, die sowohl die Knieextensoren als auch die Plantarflexoren in das EMS-Training einbezogen, obwohl diese mit ca. 50 % bzw. 23 % an der Leistung bei Vertikalsprüngen beteiligt sind (Hubley & Wells, 1983).

Bezüglich der spezifischen Wirkung dieser Methodenkombinationen weisen Wissenschaftler auf ein Forschungsdefizit hin (Arabatzis et al., 2010). Zudem ist bislang nur eine Studie bekannt, die diese beiden Kombinationsmethoden miteinander verglich (Stutzig, 2009). Erkenntnisse aus weiteren Studien könnten wichtige Hinweise zur Periodisierungs- und Trainingsgestaltung für Trainer im Leistungssport Volleyball liefern.

4.2. Ziele und Hypothesen

Das Hauptziel dieser Studie ist, die Wirkung zweier Methodenkombinationen („EMS+Plyo“ und „Kraft+Plyo“) auf Kraft- bzw. Schnellkraftparameter von Leistungssportlern im Volleyball nach einer 5-wöchigen Trainingsphase (10 TE) miteinander zu vergleichen.

Die Teilziele der Trainingsstudie sind:

- die Anwendung der Ergebnisse aus Studie 1 in einer praktischen Trainingsmethode (Komplexmethode: „Kraft+Plyo“) zur Steigerung von speziellen Schnellkraftleistungen in der Vorbereitungsperiode von Leistungssportlern (1. Bundesliga Volleyball),
- der Vergleich dieser Trainingsmethode mit einer anderen Trainingsmethode (Komplexmethode: „EMS+Plyo“) im Hinblick auf ihre Effektivität (Einfluss auf leistungsrelevante Parameter),
- die Objektivierung von Vergleichsparametern durch geeignete Testverfahren zur Hypothesenprüfung, und

- die Diskussion der Ergebnisse im Vergleich zu Referenzstudien sowie das Schlussfolgern zukünftiger theoretischer und praktischer Handlungsweisen zur Thematik.

Es werden folgende theorie- bzw. forschungsgeleitete Hypothesen formuliert:

Hypothese 1: Die kombinierten Trainingsmethoden „EMS+Plyo“ und „Kraft+Plyo“ führen zu Steigerungen von isometrischen und dynamischen Kraft- bzw. Schnellkraftleistungen, die sich in kinemetrischen und dynamographischen Veränderungen im Squat Jump, Conter-Movement Jump, Drop Jump, Reichhöehensprung nach 3-Schritt-Anlauf sowie in der Beinstreckkraft und im Sprint ausdrücken.

Trainingsgruppe „EMS+Plyo“:

Hypothese 1.1: Die Trainingsmethode „EMS+Plyo“ bewirkt eine signifikante Zunahme der Sprunghöhe beim Squat Jump.

Hypothese 1.2: Die Trainingsmethode „EMS+Plyo“ führt zu einer signifikanten Zunahme der Sprunghöhe beim Counter-Movement Jump.

Hypothese 1.3: Die Trainingsmethode „EMS+Plyo“ bewirkt eine signifikante Zunahme der Sprunghöhe, Flugzeit, maximalen Bodenreaktionskraft, des Index EKA (Explosivkraftindex = $\text{Flugzeit}^2 / \text{Bodenkontaktzeit}$) und eine signifikante Verkürzung der Bodenkontaktzeit beim Drop Jump.

Hypothese 1.4: Die Trainingsmethode „EMS+Plyo“ führt zu einer signifikanten Zunahme der Reichhöhe mit 3-Schritt-Anlauf.

Hypothese 1.5: Die Trainingsmethode „EMS+Plyo“ bewirkt eine signifikante Zunahme der isometrischen Maximalkraft der Beinstreckmuskulatur.

Hypothese 1.6: Die Trainingsmethode „EMS+Plyo“ bewirkt eine signifikante Reduzierung der Sprintzeiten über 5 m, 10 m und 15 m bei Laufwegen vorwärts und seitwärts.

Trainingsgruppe „Kraft+Plyo“:

Hypothese 1.7: Die Trainingsmethode „Kraft+Plyo“ bewirkt eine signifikante Zunahme der Sprunghöhe beim Squat Jump.

Hypothese 1.8: Die Trainingsmethode „Kraft+Plyo“ führt zu einer signifikanten Zunahme der Sprunghöhe beim Counter-Movement Jump.

Hypothese 1.9: Die Trainingsmethode „Kraft+Plyo“ bewirkt eine signifikante Zunahme der Sprunghöhe, Flugzeit, maximalen Bodenreaktionskraft, des Index EKA ($\text{Flugzeit}^2 / \text{Bodenkontaktzeit}$) und eine signifikante Verkürzung der Bodenkontaktzeit beim Drop Jump.

Hypothese 1.10: Die Trainingsmethode „Kraft+Plyo“ führt zu einer signifikanten Zunahme der Reichhöhe mit 3-Schritt-Anlauf.

Hypothese 1.11: Die Trainingsmethode „Kraft+Plyo“ bewirkt eine signifikante Zunahme der isometrischen Maximalkraft der Beinstreckmuskulatur.

Hypothese 1.12: Die Trainingsmethode „Kraft+Plyo“ bewirkt eine signifikante Reduzierung der Sprintzeiten über 5 m, 10 m und 15 m bei Laufwegen vorwärts und seitwärts.

Vergleich der Trainingsgruppen:

Hypothese 2: Im Vergleich der beiden Trainingsmethoden „EMS+Plyo“ und „Kraft+Plyo“ sind die Veränderungen der kinematischen und dynamographischen Parameter im Squat Jump, Counter-Movement Jump, Drop Jump, Reichthöhensprung nach 3-Schritt-Anlauf sowie in der Beinstreckkraft und im Sprint signifikant verschieden.

Hypothese 2.1: Im Vergleich der beiden Trainingsmethoden „EMS+Plyo“ und „Kraft+Plyo“ sind die Steigerungen der Sprunghöhe beim Squat Jump signifikant unterschiedlich.

Hypothese 2.2: Im Vergleich der beiden Trainingsmethoden „EMS+Plyo“ und „Kraft+Plyo“ sind die Steigerungen der Sprunghöhe beim Counter-Movement Jump signifikant unterschiedlich.

Hypothese 2.3: Im Vergleich der beiden Trainingsmethoden „EMS+Plyo“ und „Kraft+Plyo“ sind die Steigerungen der Sprunghöhe, Flugzeit, der maximalen Bodenreaktionskraft, des Index EKA ($\text{Flugzeit}^2 / \text{Bodenkontaktzeit}$) und die Verkürzung der Bodenkontaktzeit beim Drop Jump signifikant unterschiedlich.

Hypothese 2.4: Im Vergleich der beiden Trainingsmethoden „EMS+Plyo“ und „Kraft+Plyo“ sind die Steigerungen der Reichthöhe mit 3-Schritt-Anlauf signifikant unterschiedlich.

Hypothese 2.5: Im Vergleich der beiden Trainingsmethoden „EMS+Plyo“ und „Kraft+Plyo“ sind die Steigerungen der isometrischen Maximalkraft der Beinstreckmuskulatur signifikant unterschiedlich.

Hypothese 2.6: Im Vergleich der beiden Trainingsmethoden „EMS+Plyo“ und „Kraft+Plyo“ ist die Reduzierung der Sprintzeiten über 5 m, 10 m und 15 m bei Laufwegen vorwärts und seitwärts signifikant unterschiedlich.

4.3. Methoden und Materialien

4.3.1. Probanden

An der Studie beteiligten sich 8 Volleyballer des VC Gotha (1. Bundesliga Volleyball Herren) und 8 Volleyballerinnen des SWE Erfurt (1. Bundesliga Volleyball Damen). Den Probanden wurden die Ziele, die Test- und Trainingsabläufe sowie die Risiken erläutert, bevor sie ihr Einverständnis zur Teilnahme abgaben. Obwohl alle Proban-

den bereits zuvor ein regelmäßiges Kraft- und Sprungtraining durchführten, hatte keiner von ihnen Vorerfahrungen bezüglich des spezifischen Trainings mit den untersuchten Kombinationsmethoden. Alle Sportler betrieben mindestens 7 Jahre leistungsorientiertes bzw. professionelles Volleyballtraining. Am Pretest beteiligten sich insgesamt 18 Sportler. Aufgrund von Verletzung bzw. Krankheit nahmen am Posttest 16 Sportler teil. Die folgende Tabelle 12 beschreibt die Charakteristika der Probandengruppe (ausschließlich Sportler, die an Pre- und Posttest teilnahmen und in die statistische Auswertung einbezogen wurden).

Tab. 12: Beschreibung der Studienteilnehmer

Proband-Nr. (Namenskürzel)	Geburtsdatum	Gewicht (kg)	Länge (cm)	Body Mass Index (kg/ m ²)	Trainingsmethode
1 (M. H.)	22.01.1987	87,4	199	22,07	EMS+Plyo
2 (S. K.)	17.07.1987	90,2	203	21,89	EMS+Plyo
3 (J. Me.)	23.12.1990	90,8	197	23,40	Kraft+Plyo
4 (P. B.)	11.04.1987	91,4	198	23,31	EMS+Plyo
5 (M. Ve.)	15.08.1980	93,3	198	23,80	Kraft+Plyo
6 (I. K.)	01.01.1985	80,1	190	22,19	EMS+Plyo
7 (J. Ma.)	10.02.1983	87,4	192	23,71	Kraft+Plyo
8 (B. S.)	03.08.1985	69,0	184	20,38	EMS+Plyo
9 (J. I.)	07.06.1986	73,9	176	23,86	EMS+Plyo
10 (A. L.)	25.06.1987	80,8	185	23,61	Kraft+Plyo
11 (E. M.)	02.02.1982	72,0	182	21,74	EMS+Plyo
12 (M. Vö.)	15.02.1991	72,7	177	23,21	EMS+Plyo
13 (C. F.)	17.10.1990	78,4	185	22,91	Kraft+Plyo
14 (S. L.)	16.10.1988	73,5	184	21,71	Kraft+Plyo
15 (B. B.)	09.03.1969	76,8	186	22,20	Kraft+Plyo
16 (J. D.)	27.08.1985	73,9	184	21,83	Kraft+Plyo

Nach der Einteilung der Sportler in die jeweiligen Trainingsgruppen ergaben sich folgende Gruppencharakteristika (vgl. Tab. 13).

Tab. 13: Beschreibung der Trainingsgruppen

Gruppe	Alter	Gewicht (kg)	Länge (cm)	Body Mass Index (kg/ m ²)
EMS+Plyo	23,8 ± 2,6	79,6 ± 9,0	188,6 ± 10,4	22,3 ± 1,1
Kraft+Plyo	26,0 ± 7,0	81,9 ± 7,7	188,9 ± 5,9	22,9 ± 0,9

4.3.2. Planung und Durchführung der Studie

Um die Wirkung der beiden Methodenkombinationen bezüglich spezifischer Kraft- bzw. Schnellkraftsteigerungen zu vergleichen, wurden die Spielerkader der Vereine VC Gotha und SWE Erfurt nach dem Pretest in jeweils zwei Gruppen unterteilt (vgl. Abb. 43). Aufgrund der positionsspezifischen Spezialisierung von Spielern im Hochleistungssport Volleyball wurde die Aufteilung in Abstimmung mit den Trainern vorgenommen. Somit erfolgte eine bewusste Abweichung vom wissenschaftlichen Standard.

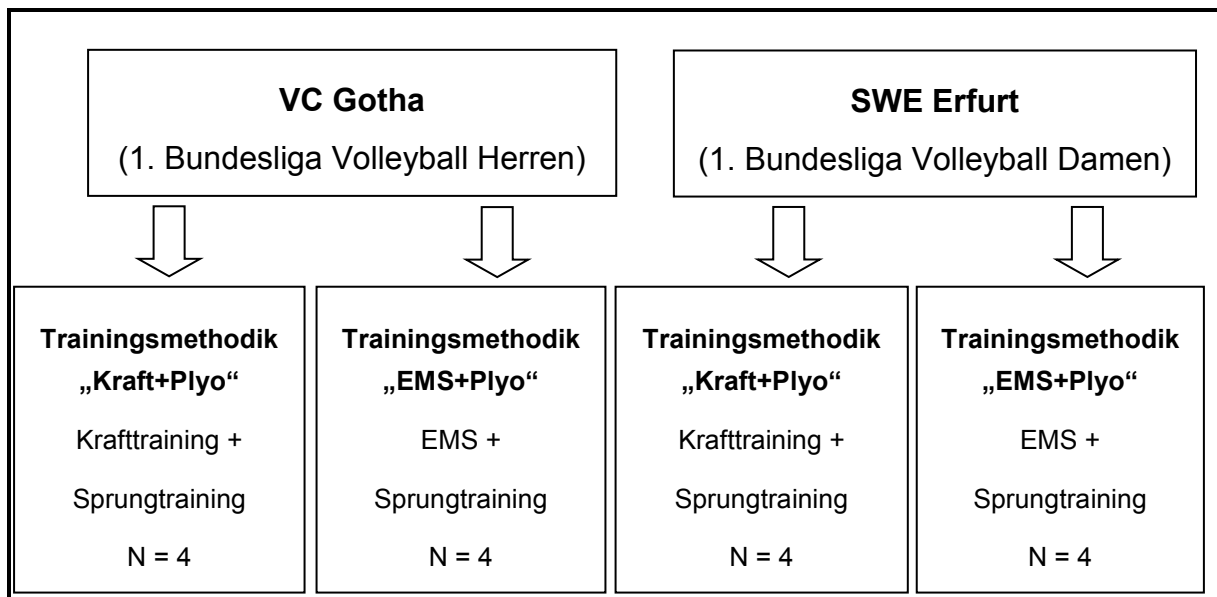


Abb. 43: Einteilung der Probandengruppen/ Studiendesign

Vor Beginn der Trainingsphase absolvierten beide Gruppen zwei Trainingseinheiten zur Einführung. Dabei wurde der Gruppe „EMS+Plyo“ die Gelegenheit gegeben, sich mit dem neuen Trainingsreiz der Elektrostimulation vertraut zu machen. Mit der Gruppe „Kraft+Plyo“ wurde der Maximalkrafttest zur Berechnung der Trainingsgewichte durchgeführt (vgl. Pausenzeitstudie). Die verschiedenen Leistungstests wurden anschließend drei Tage vor und nach dem Ende der Trainingsphase durchgeführt.

Die Gruppen führten das spezielle, 5-wöchige Schnellkrafttraining (zweimal pro Woche, je ca. 1 h) nach der jeweiligen Trainingsmethodik durch (vgl. Tab. 14). Der 5-wöchige Untersuchungszeitraum wurde aufgrund theoretischer und praktischer Aspekte gewählt. Einerseits liegen zahlreiche Kurzzeitstudien vor, die zwischen 4-8 Wochen andauerten und entsprechende Anpassungseffekte bzw. Leistungssteigerungen diagnostizierten (Adams et al., 1992; Herrero et al., 2006; Kraemer et al., 2002; Maffiuletti et al., 2000). Andererseits ist eine 5-wöchige Dauer ein oft gewählter Zeitraum für einen Mesozyklus in der Vorbereitungsperiode von Bundesligavolleyballern, der auch von den hauptamtlichen Trainern der beiden getesteten Vereinsgruppen befürwortet wurde. Da beide Methodenkombinationen hinsichtlich ihrer Effektivität

tät bereits positiv geprüft wurden, ist auf eine Kontrollgruppe verzichtet worden bzw. fungierten die beiden Gruppen gegenseitig als aktive Kontrollgruppe (Schlumberger et al., 2003). Außerdem konnte aus praktischer Sicht keine Kontrollgruppe im Sinne des Nichttrainierens der Schnellkraft in der Vorbereitungsperiode von Volleyballern mit diesem Trainingsniveau gebildet werden. Das tägliche volleyballspezifische Training (2 h pro TE) wurde während des Untersuchungszeitraums fortgeführt.

Die Belastungsgestaltung in den Trainingsgruppen in Gotha und Erfurt stimmte überein. Alle Gruppen führten das gleiche plyometrische Training durch und absolvierten zu Beginn der Trainingseinheiten eine standardisierte Erwärmung (Einlaufen: 5 min, Dehnung/ Mobilisation: 10 min, Tonisierung: 5 min). Der Unterschied zwischen den Trainingsprogrammen bestand einerseits in der Art der Vorbelastung (Krafttraining vs. EMS) als auch im Trainingsablauf (mehrfacher satzweiser Wechsel der „Kraft+Plyo“-Gruppe vs. einmaliger Wechsel in der „EMS+Plyo“-Gruppe). Der akute Einfluss der PAP auf Schnellkraftleistungen (vgl. Studie 1) warf die Frage auf, ob sich die mehrwöchige Anwendung in einer Trainingsmethode in spezifischen Leistungssteigerungen niederschlägt. Demzufolge wurde in dieser Studie die Kombination von Kraft- und Plyometriemethode nach jedem Satz angewendet (Maio-Alves et al., 2010).

Für einen adaptationsorientierten, erfolgreichen Einsatz der beiden Komplexmethoden sorgten folgende Belastungsnormative:

- optimale Dichte der Belastungsreize, speziell die Pausenzeiten zwischen den verschiedenen Belastungsformen (vgl. Studie 1 → 1 min),
- optimale Trainingslasten zwischen 80-90 % der Maximalkraft (Matthews et al., 2009; Stone et al., 2008),
- optimal hohe Bewegungsgeschwindigkeiten (Lorenz, 2011),
- adäquate Umfänge bzw. eine optimale Anzahl der Sätze bzw. Wiederholungen (Mitchell & Sale, 2011).

Die folgende Tabelle 14 charakterisiert den Trainingsablauf beider Trainingsprogramme.

Tab. 14: Beschreibung der beiden Trainingsprogramme „EMS+Plyo“ und „Kraft+Plyo“

Trainingsmethodik „EMS+Plyo“	Trainingsmethodik „Kraft+Plyo“
Elektromyostimulation: Erwärmungsprogramm m. quadriceps (5 min) Schnellkraftprogramm m. quadriceps (10 min) Erwärmungsprogramm m. triceps surae (5 min) Schnellkraftprogramm m. triceps surae (10 min) Pause: 1 min	Krafttraining: 1 Satz Halbkniebeuge mit der Langhantel auf dem Rücken mit 87 % des EWM → 5 Wiederholungen 1 Satz Wadenheben an der Beinpresse mit 87 % des EWM → 5 Wiederholungen Pause: 1 min



Abb. 44: Probandinnen während des EMS-Trainings

EMS-Einstellungen: Kontraktionsanzahl: 24, Reizdauer: 5 s, Pausendauer: 20 s → duty cycle 20 %, Frequenz: 80 Hz, Impulsform: biphasisch symmetrisch rechteckig, Impulsbreite: 400 μ s, Steigzeit: 0,75 s, Fallzeit: 0,5 s, tolerierte Intensität: individuell zwischen 40-80 mA)

(Herrero et al., 2006; Hultman et al., 1983; Maffiuletti et al., 2000; Malatesta et al., 2003; Pichon et al., 1995; Vanderthommen et al., 2003)



Abb. 45: Probandin während der Halbkniebeuge



Abb. 46: Probandin während des Wadenhebens

(O'Shea, 1985; Schmidtbleicher & Haralambie, 1981; Comyns et al., 2007; Wirth et al., 2007)

Plyometrisches Training für beide Trainingsgruppen:

- 1 Satz Umsetzen (Clean) mit ca. 30 % des Einerwiederholungsmaximums der Halbkniebeuge → 5 Wiederholungen

Pause: 1 min

- 1 Satz beidbeinige Hürdensprünge über 50 cm (Ausführung 50 % als Counter-Movement-Jump und 50 % als Squat Jump) → 6 Wiederholungen

Pause: 1 min



Abb. 47: Probandin während des Umsetzens



Abb. 48: Probandin während der beidbeinigen Hürdensprünge

- 1 Satz einbeinige Vertikalsprünge aus dem Stand (Ausführung 50 % als Counter-Movement-Jump und 50 % als Squat Jump) → 6 Wiederholungen je Extremität

Pause: 1 min

- 1 Satz beidbeinige Fallsprünge bzw. drop jumps aus 40 cm Höhe (Ausführung mit gestreckten Beinen) → 6 Wiederholungen

Pause: 1 min



Abb. 49: Probandin während der einbeinigen Vertikalsprünge

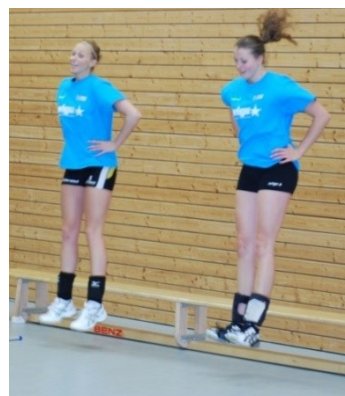


Abb. 50: Probandinnen während der DJ



Abb. 51: Probandin während der einbeinigen CMJ

- 1 Satz einbeinige Hürdensprünge über 30 cm (Ausführung als Counter-Movement-Jump) → 6 Wiederholungen je Extremität

Pause: 3 min

(De Villarreal et al., 2009; Johnson, Salzberg & Stevenson, 2011; Markovic, 2007)

Das Trainingsprogramm „EMS+Plyo“ wurde in der Reihenfolge 1 x EMS gefolgt von 3 Sätzen Plyometrietaining durchgeführt. Das Trainingsprogramm „Kraft+Plyo“ wurde in der Reihenfolge ein Satz Krafttraining gefolgt von einem Satz plyometrischen Training durchgeführt, welches insgesamt dreimal absolviert wurde. Im Verlauf der 5-wöchigen Trainingsperiode wurde die Belastungsintensität pro Woche um ca. 5 % gesteigert (Gewichte, Wiederholungen, Sprunghöhen), um den Leistungssportlern einen wirksamen Trainingsreiz über den gesamten Trainingszeitraum zu liefern. Die durchgeführte Trainingsphase zur speziellen Schnellkraftsteigerung fand periodisch nach einer 4-wöchigen Phase mit dem Ziel der Maximalkraftsteigerung in der Vorbereitungsperiode statt, ebenso vor dem Beginn der ersten Wettkampfperiode (erstes Bundesligaspiel).

Das tägliche, zweistündige Volleyballtraining wurde während des Untersuchungszeitraums fortgesetzt und an zwei Tagen der Woche um 1 h für das spezielle Schnellkrafttraining verkürzt. Das spezielle Schnellkrafttraining mit den beiden Methodenkombinationen wurde somit zweimal pro Woche (nicht aufeinander folgende Tage) durchgeführt. Während eine Gruppe mit dem Trainer im technisch-taktischen Bereich arbeitete, absolvierte die andere Gruppe das ca. einstündige, spezielle Schnellkrafttraining mit dem jeweiligen Trainingsprogramm. Anschließend erfolgte der Wechsel der Gruppen. Um systematische Einflüsse der Vorerrmüdung zu reduzieren, erfolgte ein Wechsel der Trainingsreihenfolge der Gruppen von Trainingseinheit zu Trainingseinheit.

Für das EMS-Training wurden die EMS-Elektroden auf den Muskeln des m. quadriceps femoris (m. vastus lateralis und medialis, m. rectus femoris) und des m. triceps surae (m. gastrocnemius medialis und lateralis, m. soleus) appliziert. Es wurden 2 mm dicke und 5 x 5 cm große, selbstklebende Elektroden der Firma Compex® (Sport-P, Medcompex SA, Switzerland) verwendet. Während der Stimulation saßen die Probanden auf einer Bank und absolvierten das EMS-Training in einem Kniewinkel von 90° (vgl. Abb. 44). Nachdem die Muskeln des m. quadriceps femoris stimuliert wurden, wurden die Elektroden umgeklebt und es erfolgte die Stimulation des m. triceps surae.

Für das Krafttraining mit Zusatzlast wurden die Trainingsinhalte „Halbkniebeuge“ und „Wadenheben“ jeweils mit einer Zusatzlast von 87 % des EWM ausgewählt. Dies erfolgte aufgrund der belastungs- und bewegungsspezifischen Nähe zu den ausgewählten Testübungen der dynamischen Schnellkraftermittlung (SJ, CMJ, DJ). Die Ausführungsqualität richtete sich nach allgemeingültigen, trainingswissenschaftlichen Standards und wurde vom Studienleiter entsprechend kontrolliert bzw. korrigiert.

Das plyometrische Training beinhaltete die in Tabelle 14 angegebenen Sprungtechniken. Das Umsetzen (engl.: clean) wurde ausgewählt, da die Übungen des olympischen Gewichthebens den Bewegungsmustern von Vertikalsprüngen stark ähneln (Garhammer & Gregor, 1992) und als effektiv für eine Sprungleistungssteigerung bewertet werden (Harris et al., 2000; Kraemer & Newton, 1994; Lyttle et al., 1996). Die Belastungscharakteristik (Intensität, Dichte, Umfang) orientierte sich dabei an erprobten Trainingsprogrammen (z. B. Herrero et al., 2006) und den Ergebnissen aus

der Pausenzeitstudie. Die Sportler führten demnach eine Sprunganzahl pro Trainingseinheit von 3 x 29 Wiederholungen aus. Die progressive Belastungsgestaltung ergab sich aus einer fünf- bis zehnprozentigen Steigerung der Sprunghöhe pro Woche.

4.3.3. Datenaufnahme (Pre- und Posttests)

Die Datenerhebung erfolgte am Olympiastützpunkt in Oberhof. Mit den zwei Trainingsgruppen wurde jeweils ein Pretest und nach 5-wöchiger Trainingsphase ein Posttest durchgeführt. Vor der Testdurchführung wurde ein standardisiertes Erwärmungsprogramm bestehend aus 5 min Einlaufen, 5 min Mobilisation bzw. aktiv-dynamischer Dehnung und 5 min tonisierender Übungen absolviert. Zur Objektivierung möglicher Trainingswirkungen wurden verschiedene Verfahren eingesetzt, um kinematische und dynamographische Parameter zu erheben. Die Datenaufnahme erfolgte, während die Sportler vier verschiedene Teststationen absolvierten:

Station 1: dynamische Schnellkraftmessung (SJ, CMJ, DJ) auf der Kraftmessplattform

Station 2: Sprunghöhenmessung (Reichhöhe mit Anlauf)

Station 3: Maximalkraftmessung (statisch)

Station 4: Sprintschnelligkeit vorwärts und seitwärts

Zwischen den Stationen bestand jeweils eine 5-minütige Pause. Es wurde die gleiche Testreihenfolge während des Pre- und Posttests eingehalten.

Dynamische Schnellkraftmessung

Die dynamische Kraftmessung erfolgte mittels der in Kapitel 3.3.3. beschriebenen Verfahren und Mittel. Die Versuchspersonen absolvierten nacheinander je zwei sub-maximale Probeversuche gefolgt von je drei maximalen Wertungsversuchen mit den Sprungfertigkeiten Squat Jump, Counter-Movement-Jump und Drop Jump (Fallhöhe 40 cm), um spezifische Aspekte der Vertikalsprünge diagnostizieren zu können. Die Pausenzeiten zwischen den Einzelversuchen lagen bei 1 min und zwischen den verschiedenen Sprungserien bzw. Sprungtechniken bei 3 min. Alle Sprünge wurden mit fixierten Händen an der Hüfte ausgeführt, um den Einfluss des Armschwunges auf den Absprungimpuls auszuschalten. Die Ausführung der verschiedenen Sprungfertigkeiten orientierte sich an internationalen Vorgaben (Kraemer & Fry, 1995). Während des Squat Jumps starteten die Sportler aus einem schulterbreiten Stand, beugten die Kniegelenke bis zu einem Winkel von 90°, verharrten in dieser Position für 2 s und streckten die Kniegelenke ohne eine weitere Auftaktbewegung möglichst explosiv, um eine maximale Sprunghöhe zu erreichen. Die Ausführung des CMJ wurde bereits in Studie 1 beschrieben. Während des Drop Jumps standen die Probanden zunächst auf einem 40 cm hohen Hocker und absolvierten einen Schritt nach vorn,

um sich dann fallen zu lassen (vgl. Abb. 53). Anschließend erfolgte die beidbeinige Landung mit einem direkten beidbeinigen Absprung. Dabei blieben die Beine gestreckt, um den Fokus auf die Kontraktion der Wadenmuskulatur zu legen. Für einen gültigen Versuch blieben die Beine in der anschließenden Flugphase und während der Landung gestreckt. Es wurden die Kraft-Zeit-Verläufe von jeweils drei Versuchen pro Sprungfertigkeit aufgenommen. Anschließend wurde der Mittelwert für die weitere Datenauswertung verwendet.

Sprunghöhenmessung

Die Messung der Sprunghöhe erfolgte mit dem speziell angefertigten Messgerät „Jump and Reach“ (vgl. Abb. 55). Die Probanden absolvierten zwei submaximale Vorversuche, bevor sie anschließend drei maximale Wertungssprünge durchführten. Zwischen den Sprüngen wurde eine Pause von 3 min eingehalten. Die Sportler starteten aus einer parallelen Grundstellung, nahmen drei Schritte Anlauf, sprangen mit beiden Beinen ab, und versuchten nach Doppelarmschwung mit einer Hand so hoch wie möglich zu greifen, um die beweglichen Elemente der Apparatur zu berühren. Anhand der bewegten Elemente konnte anschließend die Reichhöhe direkt ermittelt und protokolliert werden. Für die weitere Datenauswertung wurde der Mittelwert der drei Maximalversuche verwendet.

Statische Kraftmessung

Die statische Kraftmessung erfolgte mit Hilfe des Messgerätes Isomed 2000 von der Firma D&R Ferstl GmbH (Hernau). Dieser Hochleistungsdynamometer wurde verwendet, um die isometrische Maximalkraft der Beinstreckmuskulatur zu messen. Diesbezüglich wurden die Sportler auf dem Messgerät in einer vorgegebenen Position mit einem Kniewinkel von 110° fixiert. Um die Beteiligung weiterer Muskelgruppen zu minimieren, wurden die Probanden mit Gurten an der Hüfte und den Schultern fixiert und die Hände während der Versuchsausführung vor der Brust gehalten (vgl. Abb. 52). Nach zwei Probeversuchen absolvierten die Teilnehmer jeweils nach einem akustischen Signal drei maximale, beidbeinige Kontraktionen mit einer 3-minütigen Interversuchspause. Es bestand die Aufgabe, die Maximalkraft so schnell wie möglich zu entwickeln, und diese dann für 5 s zu halten. Während der Versuchsdurchführung wurden den Teilnehmern keine weiteren akustischen Signale dargeboten (verbale Motivation, Musik, o.ä.). Die Messdaten wurden über 5 s mit einer Frequenz von 500 Hz aufgenommen und mit der Isomed-Software veranschaulicht und abgespeichert. Für die Datenauswertung wurde der Mittelwert der drei Versuche gewertet.

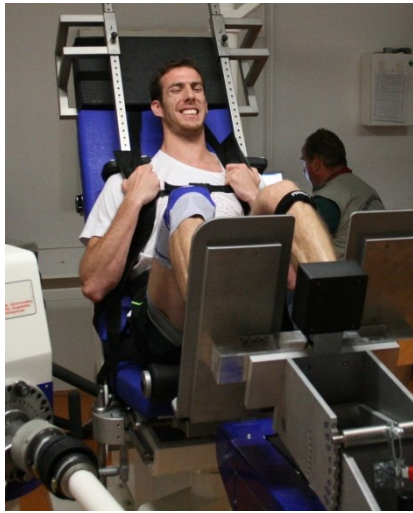


Abb. 52: Proband während der statischen Kraftmessung

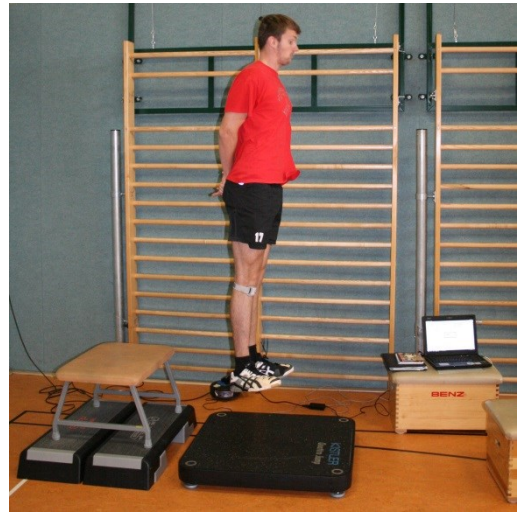


Abb. 53: Proband während der dynamischen Schnellkraftmessung

Sprintschnelligkeit vorwärts und seitwärts

Die Sprintschnelligkeit wurde mit einem Lichtschrankensystem der Firma Sport-Voss (Doberschütz, Deutschland) gemessen (vgl. Abb. 54). Das System bestand aus vier Lichtschranken, die per Kabel mit einem Messrechner verbunden waren. Das System nahm die Daten mit einer Frequenz von 1000 Hz auf. Die Versuchspersonen absolvierten einen Probeversuch und anschließend drei Wertungsversuche im Vorwärtssprint sowie einen Probeversuch und drei Wertungsversuche im Seitwärtssprint. Zwischen den Versuchen lag jeweils eine 3-minütige Pause.



Abb. 54: Proband während des Sprinttests lateral



Abb. 55: Messgerät Reichhöhe mit Anlauf

Für den Vorwärtslauf starteten die Versuchspersonen an der Startlinie 50 cm vor der ersten Lichtschranke (Herrero et al., 2006; Lyttle et al., 1996), wählten selbständig einen Startzeitpunkt und versuchten die 15 m bis zur letzten Lichtschranke in maximaler Geschwindigkeit zu absolvieren. Für den Seitwärtslauf starteten die Versuchspersonen mit den Händen hinter dem Rücken auf der Startlinie (Klebestreifenmarkierung genau zwischen der Startlichtschranke). Danach absolvierten sie mit tief ausgeführten Nachstellschritten (ohne ein Überkreuzen der Beine) einen Sprint 5 m seitwärts zur nächsten Markierung/ Lichtschranke. Dort erfolgte eine möglichst schnelle Bewegungsumkehr zur Startlichtschranke und die anschließende Seitwärtsbewegung zur 5 m-Markierung bzw. Lichtschranke, die zugleich das Ziel darstellte. Die zeitliche Registrierung erfolgte auf der Basis einer Tausendstelsekunde bei 5 m, 10 m und 15 m. Der beste Versuch wurde für die weitere Datenauswertung verwendet.

4.3.4. Datenverarbeitung

Die Datenverarbeitung der dynamischen Sprungkrafttests SJ, CMJ und DJ erfolgte mit Hilfe der Software der Firma Kistler „Quattro Jump“ (Version: 1.0.9.2.). Diesbezüglich wurden folgende Parameter berechnet.

- Sprunghöhenermittlungen für SJ, CMJ, DJ: durch die Bestimmung des maximalen vertikalen Weges (S_{max}) der Weg-Zeit-Kurve nach zweimaliger Integration des Beschleunigungsverlaufs über die Flugzeit (Stutzig, 2009) als valider Indikator für die KSP-Erhöhung bei geübten Springern (Ritzdorf et al., 1995)
- gemessene maximale Bodenreaktionskraft (F_{max})
- gemessene Bodenkontaktzeit (T_{kon})
- gemessene Flugzeit (T_{flug})
- Explosivkraftindex (Index EKA) = $T_{flug}^2 / \text{Bodenkontaktzeit}$ (Voss, Witt & Werthner, 2007)

Die Daten des Tests „Reichhöhe mit 3-Schritt-Anlauf“ wurden direkt vom schriftlichen Protokoll in die Software der Datenauswertung übertragen. Die Datenverarbeitung der statischen bzw. isometrischen Kraftdiagnostik wurde mit der Software der Firma D&R Ferstl GmbH (Hernau) durchgeführt. Es wurde der Parameter „maximale Kraft im Kniewinkel von 110°“ ($F_{max\ 110^\circ}$) bestimmt. Die Zeiten der Sprinttests wurden mit der Software der Firma Sport-Voss (Doberschütz, Deutschland) erfasst, dargestellt und anschließend direkt in die Software der Datenauswertung überführt.

4.3.5. Datenauswertung

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit der Software SPSS (Version 19). Aufgrund des Stichprobenumfanges ($N < 10$) erfolgte die Unterschiedsprüfung zwischen den beiden Gruppen beim Pre- bzw. Posttest durch den Mann-Whitney-U-Test

und der Vergleich zwischen Pre- und Posttest innerhalb einer Gruppe mit dem Wilcoxon Test (Hoffmann & Orthmann, 2009). Signifikanzniveau, Irrtumswahrscheinlichkeiten, Bedeutungen und Symbolisierungen entsprechen den unter 3.3.5. verwendeten Erklärungen.

Aufgrund fehlerhafter Bewegungsausführungen während des Squat-Jumps mussten die erhobenen Daten von zwei Sportlern von der Auswertung ausgeschlossen werden. Trotz Vermittlung einer Bewegungsvorstellung und vorherigen Übens führten beide Sportler jeweils exzentrische Auftaktbewegungen durch, vermutlich aufgrund einer zu starken Automatisierung gewohnter Sprungbewegungen mit DVZ bzw. einer mangelnden koordinativen Ansteuerungsfähigkeit (vgl. Abb. 56).

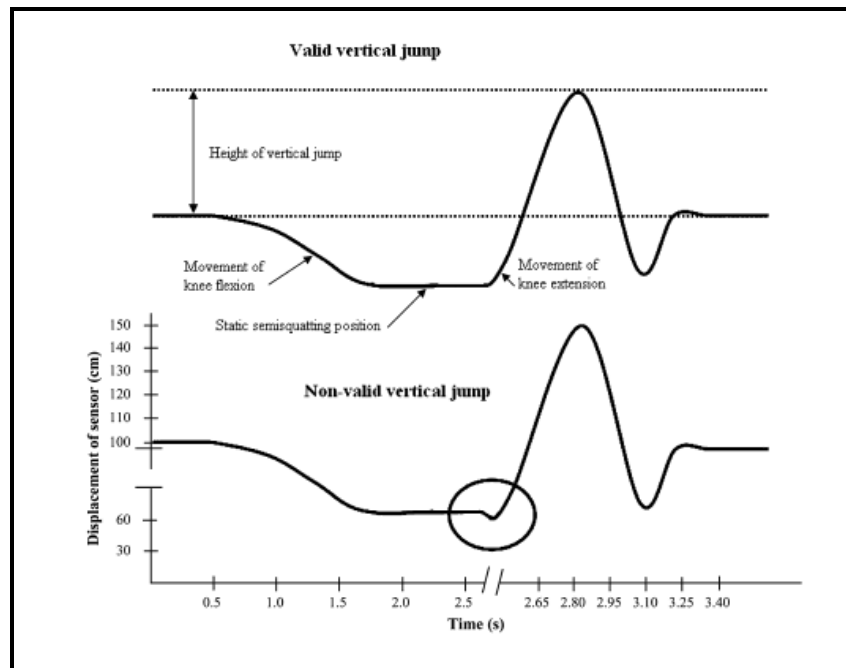


Abb. 56: gültige und ungültige Ausführung eines Squat Jumps (Pailard, 2008, S. 1275)

4.4. Ergebnisse

Die Ergebnisdarstellung auf den folgenden Seiten beinhaltet sowohl die Veränderungsprüfung der erhobenen Parameter zwischen Pre- und Posttest innerhalb der beiden Trainingsgruppen „EMS+Plyo“ und „Kraft+Plyo“ als auch die Vergleichsprüfung zwischen den Gruppen. Aufgrund der ausgewählten Testverfahren werden zur Ergebnisdarstellung box-plot-Diagramme verwendet und die Mediane sowie die unteren und oberen Quartile abgebildet. In den Tabellen sind Mediane und Interquartilabstände gelistet. Hinsichtlich der Gruppenwerte der Parameter „Alter“, „Größe“, „Gewicht“ und „BMI“ gab es keine signifikanten Unterschiede beim Pre- bzw. Posttest (vgl. Tab. 162, 163 Anhang).

4.4.1. Dynamische Sprungkrafttests

4.4.1.1. Squat Jump

Die Abbildung 57 zeigt den Status des Parameters „Sprunghöhe“ zu Beginn und am Ende des 5-wöchigen Trainingsexperiments in den beiden Trainingsgruppen. Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen bezogen auf die Sprunghöhe beim Pretest festgestellt (vgl. Tab. 161 Anhang). Beim Posttest wurde ein signifikanter Unterschied der Veränderung der Sprunghöhe zwischen den beiden Trainingsgruppen konstatiert (vgl. Tab. 162 Anhang). Hinsichtlich der Differenz der Sprunghöhe zwischen Pre- und Posttest erreichte die Trainingsgruppe „Kraft+Plyo“ ein signifikantes Ergebnis (vgl. Tab. 164 Anhang).

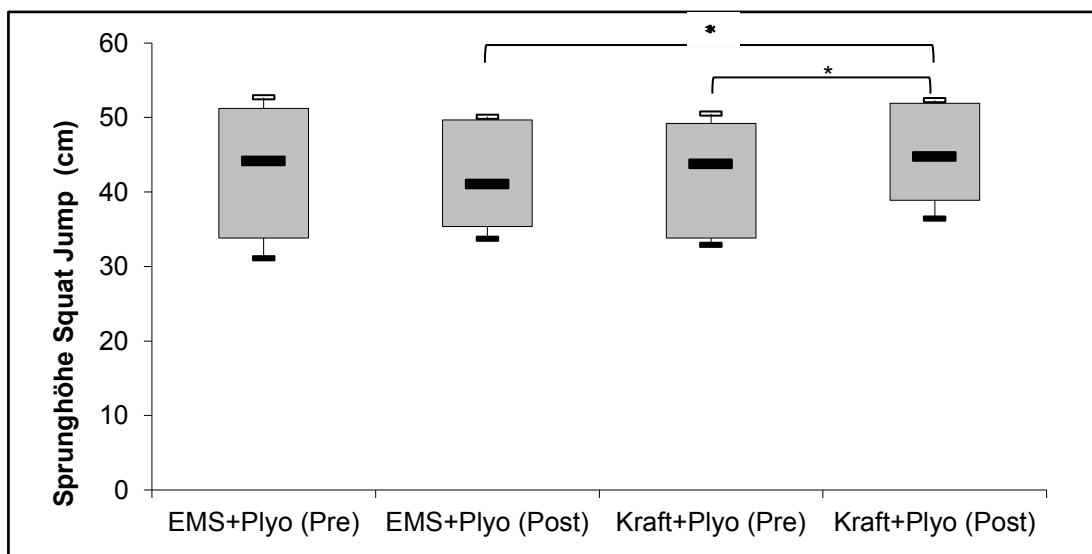


Abb. 57: Veränderungen des Parameters „Sprunghöhe“ - Squat Jump nach 5-wöchigem Training; * symbolisiert signifikante Unterschiede)

Aufgrund dieser Ergebnisse wird die Hypothese 1.1 abgelehnt und die Hypothesen 1.7 und 2.1 werden angenommen.

Die Trainingsmethode „EMS+Plyo“ bewirkt somit keine signifikante Zunahme der Sprunghöhe beim Squat Jump (Ablehnung der Hypothese 1.1). Die Trainingsmethode „Kraft+Plyo“ bewirkt eine signifikante Zunahme der Sprunghöhe beim Squat Jump (Bestätigung der Hypothese 1.7). Im Vergleich der beiden Trainingsmethoden „EMS+Plyo“ und „Kraft+Plyo“ sind die Steigerungen der Sprunghöhe beim Squat Jump signifikant unterschiedlich (Bestätigung der Hypothese 2.1). Dabei zeigt die Methode „Kraft+Plyo“ signifikant höhere Steigerungen.

4.4.1.2. Counter-Movement Jump

Die Abbildung 58 zeigt den Status des Parameters „Sprunghöhe“ zu Beginn und am Ende des 5-wöchigen Trainingsexperimentes in den beiden Trainingsgruppen. Zu Beginn und am Ende der Trainingsphase lagen keine signifikanten Unterschiede

zwischen den Gruppen vor (vgl. Tab. 165, 166 Anhang). Die Trainingsgruppe „EMS+Plyo“ erreichte eine signifikante Steigerung im Posttest („Kraft+Plyo“-Gruppe n.s.; vgl. Tab. 167, 168 Anhang).

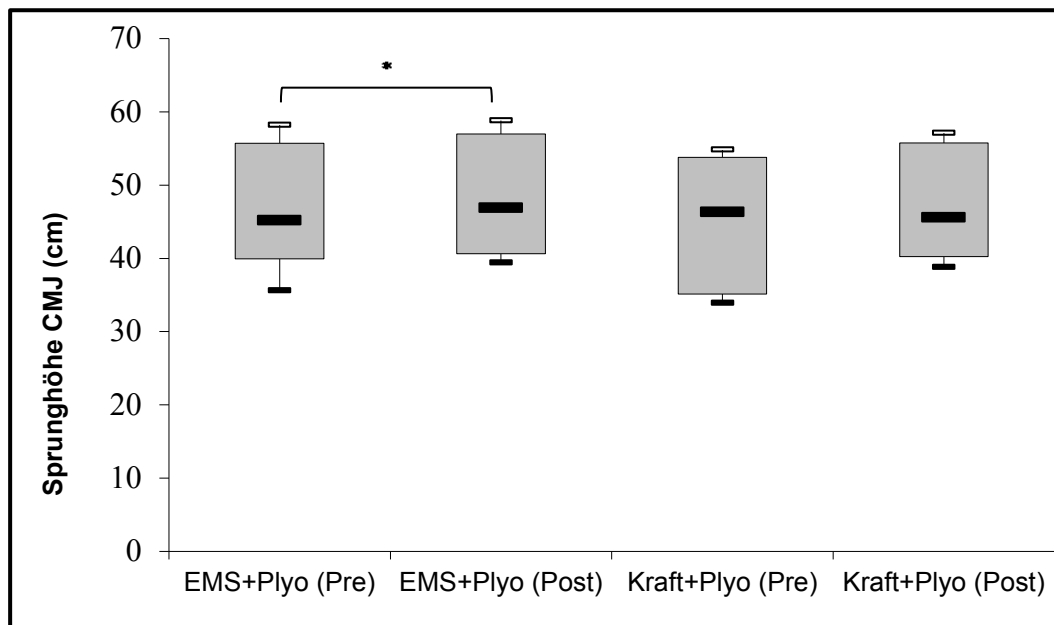


Abb. 58: Veränderungen des Parameters „Sprunghöhe“ - CMJ nach 5-wöchigem Training;
* symbolisiert signifikante Unterschiede

Aufgrund dieser Ergebnisse wird die Hypothese 1.2 angenommen und die Hypothesen 1.8 und 2.2 werden abgelehnt.

Die Trainingsmethode „EMS+Plyo“ führt zu einer signifikanten Zunahme der Sprunghöhe beim Counter-Movement Jump (Annahme der Hypothese 1.2). Die Trainingsmethode „Kraft+Plyo“ führt zu keiner signifikanten Zunahme der Sprunghöhe beim Counter-Movement Jump (Ablehnung der Hypothese 1.8). Im Vergleich der beiden Trainingsmethoden „EMS+Plyo“ und „Kraft+Plyo“ sind die Steigerungen der Sprunghöhe beim Counter-Movement Jump nicht signifikant unterschiedlich (Ablehnung der Hypothese 2.2).

4.4.1.3. Drop Jump

Die Tabelle 15 zeigt den Status ausgewählter Parameter zu Beginn und am Ende des 5-wöchigen Trainingsexperimentes sowie die prozentualen Veränderungen in beiden Trainingsgruppen. Es wurden zu Beginn und am Ende des Trainingsexperimentes keine Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt (vgl. Tab. 169 Anhang). Die Prüfung von Veränderungen zwischen Pre- und Posttest innerhalb der Trainingsgruppen ergab einen signifikanten Unterschied im Parameter „Index EKA“ der Trainingsgruppe „EMS+Plyo“ (vgl. Tab. 170 Anhang). Hier steigerten sich die Sportler um 6,4 %.

Tab. 15: Veränderungen von Sprungparametern beim Drop Jump nach 5-wöchigem Training;

* symbolisiert signifikante Unterschiede

Sprungparameter	EMS+P (Pre)	EMS+P (Post)	Veränderung (%)	Kraft+P (Pre)	Kraft+P (Post)	Veränderung (%)
Fmax (N)	4948 (1144)	5175 (1809)	+4,6	5090 (1821)	5304 (1539)	-4,2
Bodenkontaktzeit (ms)	207 (35)	200 (28)	-3,4	200 (60)	206 (45)	+3,0
Flugzeit (ms)	466 (130)	470 (92)	+0,9	485 (103)	460 (112)	-5,2
Index EKA (Flugzeit ² / Bodenkontaktzeit)	1,09 (0,69)	1,16 (0,59)	+6,4*	1,12 (0,68)	1,12 (0,21)	0,0
Sprunghöhe (cm)	26,81 (15,40)	27,17 (10,91)	+1,3	28,92 (12,47)	25,96 (13,57)	-10,2

Aufgrund dieser Ergebnisse werden die Hypothesen 1.3, 1.9 und 2.3 abgelehnt.

Die Trainingsmethode „EMS+Plyo“ bewirkt keine signifikante Zunahme der Sprunghöhe, Flugzeit, maximalen Bodenreaktionskraft und keine signifikante Verkürzung der Bodenkontaktzeit beim Drop Jump (Ablehnung der Hypothese 1.3). Ausschließlich im Parameter „Index EKA“ (Flugzeit²/ Bodenkontaktzeit) wurde eine signifikante Steigerung festgestellt. Die Trainingsmethode „Kraft+Plyo“ bewirkt keine signifikante Zunahme der Sprunghöhe, Flugzeit, maximalen Bodenreaktionskraft, des Index EKA (Flugzeit²/ Bodenkontaktzeit) und keine signifikante Verkürzung der Bodenkontaktzeit beim Drop Jump (Ablehnung der Hypothese 1.9). Im Vergleich der beiden Trainingsmethoden „EMS+Plyo“ und „Kraft+Plyo“ sind die Steigerungen der Sprunghöhe, Flugzeit, der maximalen Bodenreaktionskraft, des Index EKA (Flugzeit²/ Bodenkontaktzeit) und die Verkürzung der Bodenkontaktzeit beim Drop Jump nicht signifikant unterschiedlich (Ablehnung der Hypothese 2.3).

4.4.1.4. Reichhöhe mit 3-Schritt-Anlauf

Die Abbildung 59 zeigt den Status des Parameters „Reichhöhe“ zu Beginn und am Ende des 5-wöchigen Trainingsexperimentes in den beiden Trainingsgruppen. Es lagen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Trainingsgruppen beim Pre- oder Posttest vor (vgl. Tab. 174 Anhang). Beide Trainingsgruppen steigerten die Reichhöhe am Ende der Trainingsphase signifikant (vgl. Tab. 175, 176 Anhang). Die Trainingsgruppe „EMS+Plyo“ steigerte die Reichhöhe im Mittel um 3,9 cm und die Trainingsgruppe „Kraft+Plyo“ um 2,1 cm.

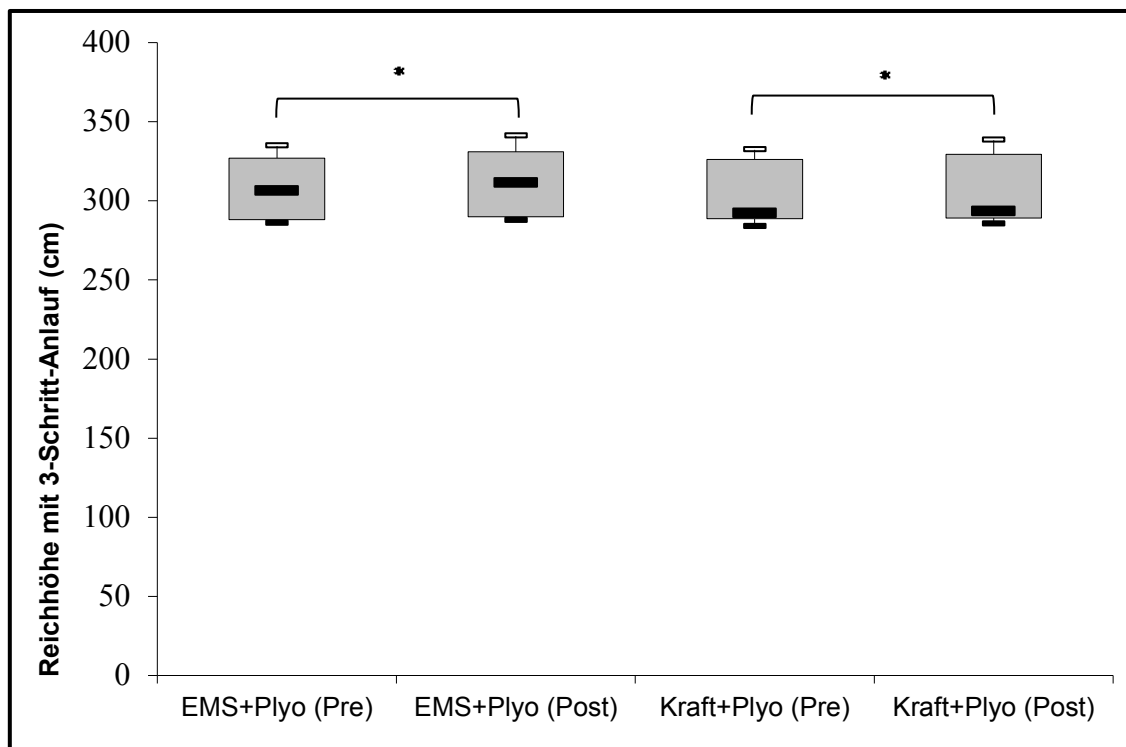


Abb. 59: Veränderungen des Parameters „Reichhöhe mit 3-Schritt-Anlauf“ nach 5-wöchigem Training;
* symbolisiert signifikante Unterschiede

Aufgrund dieser Ergebnisse werden die Hypothesen 1.4 und 1.10 angenommen und die Hypothese 2.4 wird abgelehnt.

Die Trainingsmethode „EMS+Plyo“ führt zu einer signifikanten Zunahme der Reichhöhe mit 3-Schritt-Anlauf (Annahme der Hypothese 1.4). Die Trainingsmethode „Kraft+Plyo“ führt zu einer signifikanten Zunahme der Reichhöhe mit 3-Schritt-Anlauf (Annahme der Hypothese 1.10). Im Vergleich der beiden Trainingsmethoden „EMS+Plyo“ und „Kraft+Plyo“ sind die Steigerungen der Reichhöhe mit 3-Schritt-Anlauf nicht signifikant unterschiedlich (Ablehnung der Hypothese 2.4).

4.4.2. Statische Kraftdiagnostik

Die Tabelle 16 zeigt den Status des Parameters „Maximalkraft“ ($F_{\max 110^\circ}$) zu Beginn und am Ende des 5-wöchigen Trainingsexperiments sowie die prozentualen Veränderungen in den beiden Trainingsgruppen. Zwischen den beiden Trainingsgruppen wurden keine signifikanten Unterschiede im Pre- oder Posttest festgestellt (vgl. Tab. 177 Anhang). In den Trainingsgruppen ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Pre- und Posttest (vgl. 178, 179 Anhang).

Tab. 16: Veränderungen des Parameters Maximalkraft (F_{\max}) nach 5-wöchigem Training

Parameter	EMS+Plyo (Pre)	EMS+Plyo (Post)	prozentuale Veränderung	Kraft +Plyo (Pre)	Kraft +Plyo (Post)	prozentuale Veränderung
$F_{\max 110^\circ}$ (N)	3062 (853)	2833 (668)	-7,5	3050 (1252)	3125 (1338)	+2,5

Aufgrund dieser Ergebnisse werden die Hypothesen 1.5, 1.11 und 2.5 abgelehnt.

Die Trainingsmethode „EMS+Plyo“ bewirkt keine signifikante Zunahme der isometrischen Maximalkraft der Beinstreckmuskulatur (Ablehnung der Hypothese 1.5). Die Trainingsmethode „Kraft+Plyo“ bewirkt keine signifikante Zunahme der isometrischen Maximalkraft der Beinstreckmuskulatur (Ablehnung der Hypothese 1.11). Im Vergleich der beiden Trainingsmethoden „EMS+Plyo“ und „Kraft+Plyo“ sind die Steigerungen der isometrischen Maximalkraft der Beinstreckmuskulatur nicht signifikant unterschiedlich (Ablehnung der Hypothese 2.5).

4.4.3. Sprinttest

Die Tabelle 17 zeigt den Status ausgewählter Parameter zu Beginn und am Ende des 5-wöchigen Trainingsexperimentes sowie die prozentualen Veränderungen in den beiden Trainingsgruppen. Zu Beginn des Trainingsexperimentes lagen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Trainingsgruppen vor (vgl. Tab. 180 Anhang). Beim Posttest wurde ein signifikanter Unterschied der Veränderung der 10 m-Sprintzeit vorwärts zwischen den beiden Trainingsgruppen festgestellt (vgl. Tab. 181 Anhang). Im Gegensatz zur Trainingsgruppe „Kraft+Plyo“ ergaben sich in der Trainingsgruppe „EMS+Plyo“ signifikante Veränderungen (Parameter: 5 m, 10 m vorwärts, 15 m seitwärts) zwischen Pre- und Posttest (vgl. Tab. 182, 183 Anhang).

Tab. 17: Veränderung von Schnelligkeitsparametern nach 5-wöchigem Schnellkrafttraining; * symbolisiert signifikante Unterschiede

Parameter (ms)	EMS+Plyo (Pre)	EMS+Plyo (Post)	Veränderung (%)	Kraft+Plyo (Pre)	Kraft+Plyo (Post)	Veränderung (%)
5 m seitwärts	1,666 (328)	1,786 (282)	-7,2	1,842 (563)	1,836 (357)	-0,3
10 m seitwärts	3,668 (655)	3,367 (943)	-8,2	3,823(577)	3,953 (878)	+3,4
15 m seitwärts	5,389 (978)	5,182 (1.275)	-3,8*	5,768 (1.150)	5,787 (1.117)	+0,3
5 m vorwärts	1,103 (260)	1,074 (293)	-2,6*	1,193 (242)	1,205 (241)	+1,0
10 m vorwärts	1,861 (342)	1,852 (306)	-0,5*	1,983 (285)	1,978 (301)	-0,3
15 m vorwärts	2,586 (485)	2,552 (425)	-1,3	2,730 (411)	2,743 (424)	+0,5

Aufgrund dieser Ergebnisse werden die Hypothesen 1.6, 1.12 und 2.6 abgelehnt.

Die Trainingsmethode „EMS+Plyo“ bewirkt keine signifikante Reduzierung der Sprintzeiten über 15 m bei Laufwegen vorwärts und 5-10 m seitwärts (Ablehnung der Hypothese 1.6). Es wurden lediglich signifikante Verbesserungen über 15 m seitwärts und 5 m bzw. 10 m vorwärts festgestellt.

Die Trainingsmethode „Kraft+Plyo“ bewirkt keine signifikante Reduzierung der Sprintzeiten über 5 m, 10 m und 15 m bei Laufwegen vorwärts und seitwärts (Ablehnung der Hypothese 1.12). Im Vergleich der beiden Trainingsmethoden „EMS+Plyo“ und „Kraft+Plyo“ sind die Veränderungen der Sprintzeiten über 5 m, 10 m und 15 m bei Laufwegen vorwärts und seitwärts nicht signifikant unterschiedlich (Ablehnung der Hypothese 2.6). Es wurde lediglich über 10 m vorwärts ein signifikanter Unterschied festgestellt.

4.5. Diskussion der Ergebnisse

Im Folgenden werden die aktuellen Studienergebnisse auf verschiedenen Ebenen (z. B. metabolische, neuronale, kontraktile Aspekte) diskutiert. Die vorliegenden Ergebnisse werden mit denen existierender Studien verglichen und mögliche Ursachen für Gemeinsamkeiten und Unterschiede betrachtet. Es wird darauf hingewiesen, dass dabei das Risiko von möglichen Fehlbeurteilungen steigt, je mehr von den mittels spezifischer Untersuchungsverfahren gewonnenen Ergebnissen auf zugrunde liegende, physiologische Prozesse geschlossen wird, die nicht durch spezielle Verfahren geprüft werden konnten. Diesbezüglich weisen Mester et al. (2009, S. 103) beispielsweise darauf hin, dass

„[...] der mechanische Stimulus aus kinematischen und kinetischen Variablen (Kraft, Kontraktionsdauer, Leistung, Arbeit etc.), der zu kraftspezifischen Anpassungen führt, weitgehend ungeklärt ist [...]“, und dass „[...] Beschreibungen der Belastungsnormative von Kraftübungen in der Literatur nicht hinreichen, um die jeweiligen Trainingsreize detailliert zu definieren und kausale Verbindungen zwischen „mechano-biological conditions“ und strukturellen, kontraktile und metabolischen Anpassungserscheinungen zu schaffen [...]“. (vgl. Crewther et al., 2005; Toigo & Boutellier, 2006).

Aus formellen (gleiche Struktur im Ergebnisteil) und inhaltlichen Gründen (z. B. Spezifität der Muskelaktivität bei verschiedenen Sprungtechniken (Bosco et al., 1982) erfolgt die folgende Diskussion weitestgehend spezifisch zu den durchgeführten Testverfahren.

Die vorliegende Studie hatte das Ziel, die Wirkungen der beiden Methodenkombinationen „EMS+Plyo“ und „Kraft+Plyo“ nach einem 5-wöchigen speziellen Schnellkrafttraining (10 Trainingseinheiten) in der Vorbereitungsperiode von Volleyballerinnen und Volleyballern der 1. Bundesliga zu vergleichen. Die Ergebnisse zeigen, dass das 5-wöchige Training (10TE) mit den Methodenkombinationen „EMS+Plyo“ und „Kraft+Plyo“ zur Steigerung der Schnellkraft der unteren Extremitäten bei erwachsenen Leistungssportlern im Volleyball führt. Dabei wurden methodenspezifische Veränderungen festgestellt, die sich in Verbesserungen verschiedener Testverfahren (CMJ, DJ, Reichhöhe, Sprint) in der „EMS+Plyo“-Trainingsgruppe widerspiegeln.

Die Gruppe „Kraft+Plyo“ zeigte ebenfalls signifikante Verbesserungen in zwei Testverfahren (SJ und Reichhöhe mit Anlauf).

Im Vergleich der Ergebnisse dieser Untersuchung mit anderen Studien sind unter anderem folgende Aspekte zu berücksichtigen: Trainingsumfänge (Trainingswochen, Trainingseinheiten pro Woche, Dauer der Trainingseinheiten), angegebene Einheiten der Leistungsverbesserungen (Prozentwerte vs. Absolutwerte, Maximalwerte vs. Durchschnittswerte, Medianwerte vs. Mittelwerte), Messmethoden zur Parameterbestimmung (z. B. Flughöhenberechnungen aus Flugzeit vs. Kraftstoß) und die Qualität der Probanden (Leistungssportler vs. Studenten vs. Untrainierte). Außerdem ist anzumerken, dass aufgrund der Kombination verschiedener Trainingsmethoden eine isolierte Ursachenzuschreibung nur bedingt möglich ist. Diesbezüglich müssen die Hauptwirkungsrichtungen der einzelnen Trainingsmethoden betrachtet werden (vgl. Kapitel 2.3.1.).

Squat Jump

In der aktuellen Studie erreichte die Trainingsgruppe „Kraft+Plyo“ signifikante Verbesserungen der konzentrischen Schnellkraft, während die Trainingsgruppe „EMS+Plyo“ keine Steigerungen aufwies.

Die Leistungssportler der „Kraft+Plyo“-Trainingsgruppe erreichten eine durchschnittliche Leistungssteigerung von 2,6 cm (6,6 %). Arabatzi et al. (2010) ermittelten Leistungssteigerungen von 4,3 cm (14,6 %) im SJ nach einem 8-wöchigen Komplextraining („Kraft+Plyo“) mit insgesamt 24 Trainingseinheiten. Die Unterschiede zu dieser Studie bestanden vor allem im Probandenstatus (Sportstudenten vs. Leistungssportler), in der Art der Kombination (Wechsel nach mehreren Sätzen vs. satzweiser Wechsel) und im Trainingsumfang (24 TE vs. 10 TE). Aufgrund dieser Unterschiede sind die Differenzen in der Höhe der Leistungssteigerungen erklärbar. Ähnliche Veränderungen (6,7 cm / 4,4 cm bzw. 18,6 % / 11,5 %) konnten Lyttle et al. (1996) und Juarez, Gonzalez-Rave und Navarro (2009) nach einem 8-wöchigen, kombinierten Trainingsprogramm mit Freizeitsportlern bzw. Sportstudenten nachweisen. Auch diese Autoren verweisen auf höhere Leistungssteigerungen bei Sportlern mit niedrigerem Ausgangsniveau (Fröhlich et al., 2012). Arabatzi et al. (2010) dokumentierten außerdem Leistungssteigerungen von 337 Watt (25,6 %) im Parameter „SJ-Power“. Dies belegt die Steigerung der Schnellkraft während dieser Bewegungsaufgabe zusätzlich und lässt auf Adaptationen schließen, die vor allem das Kraft- und Geschwindigkeitsverhalten der Muskulatur der konzentrischen Arbeitsphase betreffen. Des Weiteren stellten die Autoren Veränderungen in der Bewegungsausführung des SJ in Form eines vergrößerten Kniewinkels (20°/ 15,6 %) fest. Ob neuromuskuläre Trainingsadaptationen die Ursache für die Veränderungen der Kinematik darstellen oder kinematische Änderungen während der Testaufgabe den Leistungsoutput bedingen, kann nicht eindeutig festgestellt werden. Signifikante Erhöhungen nach dem kombinierten Training konnten die Autoren der o.g. Studie außerdem in der Aktivierung des m. rectus femoris feststellen. Dies ist vordergründig auf die Wirkung des Krafttrainings mit Zusatzlast zurückzuführen, da eine Trainingsgruppe mit der ent-

sprechenden Einzelmethode, d.h. ein Krafttraining ohne Plyometrie, ähnliche Änderungen aufwies. Außerdem zeigten sich parallel Aktivitätserhöhungen im m. gastrocnemius medialis nach einem ausschließlichen plyometrischen Training. Diese muskelspezifischen Aktivitätserhöhungen sind auch in der aktuellen Studie als mögliche Ursachen in Betracht zu ziehen, da die „Kraft+Plyo“-Trainingsgruppe die Übungen Kniebeuge und Wadenheben mit Zusatzlast anwendeten und diese Übungen als Haupttrainingsinhalte zur Verbesserung sprungspezifischer Muskulatur angesehen werden (O’Shea, 1985).

Zu den wenigen Studien mit Leistungssportlern gehört die Untersuchung von Maio-Alves et al. (2010), die ebenfalls Leistungssteigerungen von 5,1 cm bzw. 3,8 cm nach einem ein- bzw. zweimaligen Training pro Woche über einen Zeitraum von sechs Wochen mit der Kombinationsmethode „Kraft+Plyo“ feststellten. Die Gemeinsamkeiten zwischen den Studien bestanden - neben einem vergleichbaren Probandenstatus - in der Art und Weise der Kombination von Kraft- und Plyometrietaining. Beide Studien verwendeten den dreimaligen satzweisen Wechsel zwischen den beiden Trainingsformen. Dies bestätigt, dass diese Form der Kombination für die spezifischen Leistungssteigerungen im Squat Jump spricht. Das bestätigten auch Toumi et al. (2004). Sie registrierten Leistungssteigerungen von 9,1 % und 11,3 % in einer Gruppe von leistungsorientierten Handballspielern, die ein 6-wöchiges Kraft- bzw. kombiniertes Kraft- und Sprungtraining durchführten. Diese Steigerungen basierten hauptsächlich auf einer Steigerung der Maximalkraft, nachgewiesen in einem isometrischen Maximalkrafttest. Da eine Vergleichsgruppe kein plyometrisches Training durchführte und vergleichbare Leistungssteigerungen erreichte, lassen sich die leistungssteigernden Adaptationen auf den Krafttrainingsreiz eingrenzen. Des Weiteren wurden keine Steigerungen im EMG von m. vastus lateralis, medialis sowie m. biceps femoris festgestellt, so dass keine neuromuskulären Adaptationen (z. B. reduzierte Antagonistenhemmung) mit diesem Verfahren registriert wurden. Demzufolge beschränkten sich die Adaptationen wahrscheinlich auf andere Muskelgruppen (z. B. m. triceps surae, m. glutei, m. rectus femoris) bzw. Anpassungen, die nicht oder nur bedingt mit der EMG nachweisbar sind (z. B. muskelstrukturelle Veränderungen). Allerdings trainierten diese Athleten viermal pro Woche und hatten ein geringeres Trainingsniveau im Vergleich zur aktuellen Studie, was die höheren Steigerungsraten erklären kann.

Adams et al. (1992) konnten Leistungssteigerungen im Vertikalsprung von 3,3 cm in einer Gruppe von Sportstudenten nachweisen, die ausschließlich mit Kniebeugen und Zusatzlast trainierten. Des Weiteren wurden Sprunghöhensteigerungen von 3,8 cm in einer plyometrischen und 10,7 cm in einer kombinierten Trainingsgruppe nach 6-wöchigem Training (12 TE) festgestellt. Im Vergleich zur aktuellen Studie bestehen die Hauptunterschiede im Probandenstatus und in der Reihenfolge der Methodenkombination. In dieser Referenzstudie wurden mehrere Sätze Krafttraining nach mehreren Sätzen plyometrischen Trainings in wechselnder Reihenfolge von einer Trainingseinheit zur nächsten durchgeführt. Dies relativiert die trainingsbedingte Bedeutung bzw. den Einfluss des Effektes der PAP (vgl. Studie 1). Da in der Studie von Adams et al. (1992) keine Angaben zur Art des Vertikalsprungs gemacht wer-

den, bleiben weitere Erklärungsversuche spekulativ. Dennoch führen die Autoren die Steigerungen der Sprungleistung auf die verbesserte Schnellkraft von hüft- und kniestreckender Muskulatur zurück. Die aktuelle Studie bestätigt dies.

Im Gegensatz zur aktuellen Studie konnten Herrero et al. (2006) signifikante Leistungssteigerungen (7,5 %) im SJ nach einem 4-wöchigen kombinierten „EMS+Plyo“-Training nachweisen. Die Vergleichsgruppen in dieser Referenzstudie trainierten mit den Einzelmethoden EMS und Plyometrie und zeigten keine Leistungssteigerungen. Es kann davon ausgegangen werden, dass gerade die Kombination der Einzelmethoden einen effektiven Trainingsreiz verursachte, zumal nach einer 2-wöchigen Trainingspause die Leistungssteigerungen wieder signifikant nachließen. Da dieses Ergebnis stark von dem aktuellen Ergebnis abweicht, sind die Unterschiede zwischen den Studien zu betrachten. Die Gegensätze betreffen die Trainingshäufigkeit, die Kombinationsart, die Art der EMS, die Anzahl der Sprünge im plyometrischen Training und vor allem das Probandenniveau. Bezogen auf die Trainingshäufigkeit wurde in der Studie von Herrero et al. (2006) viermal pro Woche über einen Zeitraum von vier Wochen trainiert. Diese 16 TE stehen den 10 TE der aktuellen Studie gegenüber und wurden in einem kürzeren Zeitrahmen, also mit einer höheren Frequenz durchgeführt. Die Kombinationsart erfolgte in der aktuellen Studie am gleichen Trainingstag in einer Trainingseinheit, wohingegen in der Vergleichsstudie die Kombination an verschiedenen Tagen durchgeführt wurde. Dadurch erhielten die Methodenteile eine längere spezifische Wirkungszeit und die Sportler entsprechende Regenerationszeiten zwischen den Einzelmethoden. Dies kann zu den spezifischen Anpassungen und somit zu den Leistungssteigerungen der Vergleichsstudie beigetragen haben. Die Unterschiede in der Art des EMS-Reizes lagen in der stimulierten Muskelauswahl und in der Einstellung der EMS-Parameter. In der aktuellen Studie wurde sowohl der m. quadriceps (m. vastus lateralis und medialis, m. rectus femoris) als auch der m. triceps surae (m. gastrocnemius lateralis und medialis, m. soleus) stimuliert während in der Studie von Herrero et al. (2006) sich auf den m. vastus medialis und lateralis beschränkt wurde. Die Unterschiede in den Parametereinstellungen der EMS lagen in der Frequenz (120 vs. 80 Hz), dem Belastungs-Pausenverhältnis (1:10 vs. 1:4) und in der maximal tolerierbaren Intensität (120 vs. 80 mA). Auch diese Unterschiede können sich auf das divergente Leistungsergebnis ausgewirkt haben. Des Weiteren kann die erhöhte Sprunganzahl im plyometrischen Training (100 vs. 60) im Sinne eines höheren Belastungsreizes mit Erreichen einer möglichen Adaptationsschwelle beeinflussend gewirkt haben. Auch der Unterschied zwischen den Probandengruppen mag einen Einfluss auf die Ergebnisse ausgeübt haben. Da Herrero et al. (2006) mit Sportstudenten arbeiteten, die zugleich Steigerungen in der isometrischen Maximalkraft und im Muskelquerschnitt aufwiesen, erwirkte die Kombinationsmethode einen effektiven Trainingsreiz für diese Trainingsgruppe. Eine Vergleichsgruppe, die nur mit der EMS-Methode trainierte, wies keine Leistungssteigerungen im SJ auf. In der aktuellen Studie wurde mit volleyballspielenden Leistungssportlern trainiert, die einerseits über ein höheres Maß an Maximalkraft verfügten, andererseits ständigen plyometrischen Trainingsbelastungen ausgesetzt waren, so dass der applizierte Trainingsreiz evtl. nicht ausreichte, um Leistungssteigerungen im SJ zu erreichen.

Da verschiedene Studien zum plyometrischen Training keinen bzw. einen geringen Einfluss nachwiesen, kann die Wirkung des plyometrischen Trainings auf die SJ-Leistung vernachlässigt werden. Insofern lassen sich die Unterschiede größtenteils im Bereich der Einzelmethode EMS vs. Krafttraining interpretieren. Malatesta et al. (2003) und Maffiuletti et al. (2009) konnten ebenfalls keine Leistungssteigerungen des SJ nach einem drei- bzw. 4-wöchigen Training mit der EMS-Methode feststellen. Allerdings zeigten sich bei Malatesta et al. (2003) nach einer zehntägigen Pause, in der sportartspezifisch trainiert wurde, signifikante Verbesserungen der Sprunghöhe im SJ (6,5 %). Da in der aktuellen Studie kein zweiter Posttest durchgeführt wurde, bleibt zunächst offen, ob sich Leistungssteigerungen in der Gruppe „EMS+Plyo“ nachträglich einstellten. Dennoch ist dies eher unwahrscheinlich, weil in den o.g. Studien das plyometrische Training als „Umsetzung“ des EMS-bedingten Kraftreizes in sprungspezifische Leistung fehlte und somit erst durch das sportartspezifische Sprungtraining zeitlich verzögert auftrat (Maffiuletti et al., 2000). In der aktuellen Studie kam es durch die Kombination der Einzelmethode zur direkten Verbindung von Kraft- und Schnelligkeit, weshalb sich die Trainingseffekte hätten unmittelbar zeigen müssen. Zudem wird darauf hingewiesen, dass neuromuskuläre Veränderungen mit Auswirkungen auf das Schnellkraftverhalten bereits nach zwei bis vier Wochen auftreten (Hakkinen, Pakarinen, Alen, Kauhanen & Komi, 1988; Moritani & De Vries, 1979) und somit die angewendete Trainingsdauer von fünf Wochen als ausreichend eingeschätzt wird (Filipovic et al., 2011).

In einer der wenigen Studien mit Leistungssportlern konnten Babault et al. (2007) in einer Untersuchung mit Rugbyspielern zunächst ebenfalls keine Leistungssteigerungen im SJ nach 6-wöchigem EMS-Training (18TE) feststellen. Diese stellten sich mit einer 10 %-igen Steigerung erst nach weiteren sechs Wochen (6TE) ein. Begleitet wurden diese Verbesserungen von Zunahmen der konzentrischen Maximalkraft aufgrund von Hypertrophieeffekten (Gondin et al., 2005). Bezogen auf die Ergebnisse der aktuellen Studie kann geschlossen werden, dass der Trainingszeitraum (5 Wochen mit 10TE) für Verbesserungen im SJ aufgrund von Hypertrophieeffekten zu kurz war, da derartige Anpassungen nicht zu den kurzfristigen Adaptationen zählen. Außerdem verweisen Ahtaiainen, Pakarinen, Alen, Kraemer und Hakkinen (2003) darauf, dass im Vergleich zu Untrainierten die Leistungszuwächse bei Leistungssportlern generell geringer ausfallen und Babault et al. (2007) bemerken, dass für Leistungssportler EMS-Trainingsperioden längerfristig angelegt sein sollten, um Leistungsverbesserungen auszulösen (Brocherie et al., 2005). Auch Delitto et al. (1989) stellten Steigerungen der dynamischen Maximalkraft bei einem Leistungssportler fest. Aufgrund der Korrelation dieser Leistung zur SJ Leistung (Maffiuletti et al., 2000) ist das Ergebnis insofern relevant, als dass die Autoren diese Leistungssteigerungen im m. quadriceps femoris u. a. auf eine hohe Motivation und maximal tolerierte Trainingsintensität von bis zu 200 mA bzw. im Durchschnitt von 112 % des MVC zurückführten. Diese hohen Intensitäten wurden in der aktuellen Studie durch die Probanden nicht erreicht. Selkowitz (1985) und Miller und Thepaut-Mathieu (1993) bestätigen diesen Sachverhalt durch den Nachweis einer positiven Korrelation von EMS-Intensität und Kraftgewinnen.

Im Gegensatz zur aktuellen Studie wiesen Maffiuletti et al. (2000) Leistungssteigerungen im SJ von 14 % (6,2 cm) nach einem 4-wöchigen EMS-Training nach. Im Unterschied zur vorliegenden Untersuchung trainierten die Sportler dreimal pro Woche, stimulierten ausschließlich den m. vastus lateralis und medialis ohne ein plyometrisches Training. Außerdem wurde nicht dokumentiert, ob das Training in ein Periodisierungsmodell eingebettet wurde. Demzufolge könnten die Unterschiede auf die höhere Trainingsfrequenz, fehlende Interferenzen (evtl. durch Stimulation mehrerer Muskeln und/ oder plyometrisches Training) oder ein geringeres Ausgangsniveau mit anschließenden höheren Steigerungsraten des Maximalkraftniveaus zurückgeführt werden. Bezüglich der Trainingsfrequenz wird zudem ein drei- bis viermaliges Training pro Woche für Trainierte bzw. Leistungssportler empfohlen (Filipovic et al., 2011; Fröhlich et al., 2012), was in der aktuellen Studie mit einem zweimaligen Training unterschritten wurde. Begleitet wurden die SJ-Steigerungen der Vergleichsstudie (Maffiuletti et al., 2000) von Steigerungen der isometrischen und konzentrischen Maximalkraft bis zu 43 %. Aufgrund der von Maffiuletti et al. (2000) festgestellten Korrelation zwischen Steigerungen der SJ-Sprunghöhe und der isometrischen Maximalkraft des m. quadriceps femoris, erscheint ein Transfer des Maximalkraftgewinns in Sprungleistung als wahrscheinlich. Derartige Steigerungen konnten in der aktuellen Studie nicht festgestellt werden. Andererseits stellten Maffiuletti et al. (2009) bei leistungssportlichen Tennisspielern ebenfalls keine SJ-Verbesserungen fest, trotz starker Verbesserungen der isometrischen Maximalkraft. Es wird angenommen, dass für einen Transfer ein plyometrisches Training bzw. sportartspezifisches Sprungtraining benötigt wird (Malatesta et al., 2003). Dies wird u. a. durch die Studie von Wirth et al. (2007) bestätigt, in der eine Probandengruppe die mit der Kombinationsmethode „Kraft+Plyo“ trainierte und im Vergleich zu den Einzelmethoden die höchsten Steigerungen im SJ aufwies. Die Autoren dieser Studie betonten die Bedeutung des Trainingsinhalts „Kniebeuge“, des hohen und progressiv gesteigerten Gewichts, des dadurch gesteigerten Maximalkraftniveaus (MVC und EWM) und der Kombination mit einem Sprungtraining, um Steigerungen im SJ zu erlangen.

Maffiuletti et al. (2002a) stellten ebenfalls hochsignifikante Steigerungen der SJ-Leistung (21,4 %) nach einem 4-wöchigen Training mit der Kombinationsmethode „EMS+Plyo“ fest. Diese Verbesserungen folgten auf hochsignifikante Steigerungen der Maximalkraft der Knieextensoren (28,5 %) und Plantarflexoren (25,4 %), was im Widerspruch zu den Ergebnissen der aktuellen Studie steht. Als Hauptursachen für diesen Unterschied wird zum einen das geringere Ausgangsniveau der Trainingsgruppe von Maffiuletti et al. (2002a) gesehen. Zum anderen wird angenommen, dass die „EMS+Plyo“-Trainingsphase in dieser Vergleichsstudie nicht in ein Periodisierungssystem eingegliedert wurde. In der aktuellen Studie wurde vor der Trainingsphase ein Mesozyklus mit dem Schwerpunkt „Maximalkraftsteigerung“ durchgeführt, wodurch die Sportler bereits auf einem hohen Ausgangsniveau an Maximalkraft begannen. Die anschließende spezifische Trainingsphase mit der beschriebenen Konfiguration des „EMS+Plyo“-Trainings zeigte keine Effektivität im Hinblick auf weitere Steigerungen der Maximalkraft bzw. der SJ-Leistung.

In der Studie von Marqueste et al. (2010) wurden im Gegensatz zur aktuellen Studie ebenfalls signifikante Leistungssteigerungen im SJ (27 %) nach einem 4-wöchigen EMS-Training mit Volleyballspielerinnen festgestellt. Diese basierten einerseits auf der Stimulation des m. vastus lateralis und andererseits auf dem während der Studie fortgesetzten Volleyballtraining, da eine Kontrollgruppe (ohne EMS-Reiz) in dieser Studie ebenfalls, wenn auch geringere, Leistungssteigerungen aufwies. Neben dem Sachverhalt, dass die Probanden dieser Referenzstudie im Vergleich zur aktuellen Untersuchung ein deutlich geringeres Trainingsniveau aufwiesen, können die Unterschiede der EMS-Belastung für die divergenten Ergebnisse verantwortlich gemacht werden. Diesbezüglich stimulierten Marqueste et al. (2010) mit 60 Kontraktionen (vs. 24) pro TE und einem Belastungs-Erholungs-Zyklus von ca. 4 % mit 11 s Belastung und 19 s Pause (vs. 2 % mit 5 s Belastung und 20 s Pause). Trotz eines geringeren Ausgangsniveaus der Sportler war der Trainingsreiz somit dichter, dauerhafter und umfangreicher. Dies kann zugleich bedeuten, dass der EMS-Reiz in der aktuellen Studie für die Leistungssportler zu gering war, um Leistungssteigerungen im SJ auszulösen.

Das Fehlen von Leistungssteigerungen in der „EMS+Plyo“-Trainingsgruppe kann u. a. daran liegen, dass der Trainingsreiz im Bereich des m. quadriceps durch die EMS-Anwendung zu gering war und im Bereich der hüftstreckenden Muskulatur im Gegensatz zur Trainingsgruppe „Kraft+Plyo“ (u. a. Einsatz der m. glutei) gänzlich fehlte. Da die SJ-Leistung vorrangig von der konzentrischen Bewegungsleistung abhängt, scheint die „EMS+Plyo“-Trainingsgruppe kaum Anpassungen in diesem Bereich aufzuweisen. Außerdem kann sich eine zu geringere Spezifität zwischen Training und Testübung ausgewirkt haben (Toumi et al., 2004). Viele Autoren erklären, dass eine hohe Spezifität zwischen Trainingsübung und Wettkampfbewegung für einen hohen Transfer von trainingsbedingten Leistungssteigerungen spricht (Harris et al., 2000). Dies beinhaltet z. B. ähnliche Beschleunigungsverläufe, Muskelbeteiligungen, Widerstände, Belastungs- und Pausenzeiten, etc. (Dickwach, 1995; Kraemer & Ratamess, 2004; Sale & MacDougall, 1981). Auch Wilson et al. (1993) betonen die Bedeutung trainingsspezifischer Anpassungseffekte und die Wichtigkeit von spezifischen Bewegungsmustern und Bewegungsgeschwindigkeiten. Diesbezüglich wurde in einer Metaanalyse von Markovic (2007) festgestellt, dass die Effekte des plyometrischen Trainings vorrangig im Bereich langsamer DVZ (CMJ) wirken und weniger während schneller DVZ (z. B. DJ) oder „konzentrischer“ Sprünge (SJ). Dass plyometrisches Training nicht zu konzentrischen Leistungssteigerungen führt, wurde auch durch Newton et al. (2002) bestätigt. Allerdings betrifft die Bedeutung einer hohen Spezifität zwischen Trainings- und Testbedingungen auch die ablaufenden Stoffwechselprozesse. In verschiedenen Studien wurde festgestellt, dass das Training mit EMS oder Plyometrie den anaerob-laktaziden Stoffwechsel beansprucht (Chamari et al., 2001; Eriksson et al., 1981). Unter den aktuell durchgeführten Testbedingungen lagen allerdings geringere Belastungs- und höhere Pausenzeiten zwischen den Sprüngen vor, so dass es eher zu einer Beanspruchung des anaerob-alaktaziden Stoffwechsels kam. Dies kann sich auch im Leistungsergebnis der Trainingsgruppe „EMS+Plyo“ niedergeschlagen haben.

Counter-Movement-Jump

In der vorliegenden Studie zeigten sich signifikante Verbesserungen in der „EMS+Plyo“-Trainingsgruppe und keine signifikanten Veränderungen in der „Kraft+Plyo“-Trainingsgruppe. Dabei ist anzumerken, dass sich die Signifikanzprüfung aufgrund des gewählten statistischen Verfahrens auf die Veränderungen der Mediane bezieht. Die Veränderungen der Mittelwerte zeigten Steigerungen beider Gruppen um 3,3 % (EMS+Plyo) und 5,8 % (Kraft+Plyo). Diese Ergebnisse stimmen mit einigen Studien überein, die Leistungssteigerungen im CMJ nach einem kombinierten „Kraft+Plyo“-Training bzw. „EMS+Plyo“-Training feststellten (Clutch et al., 1983; Fatouros et al., 2000; Herrero et al., 2006; Ingle, Sleaf & Tolfrey, 2006; Juarez et al., 2009; Kramer et al., 1993).

Betrachtet man zunächst die Ergebnisse der Trainingsgruppe „Kraft+Plyo“, so können sowohl die Gründe für ein Ausbleiben signifikanter Leistungssteigerungen erörtert werden, als auch die 5,8 %-ige Steigerung des Mittelwertes. Ein Grund für das Fehlen signifikanter Leistungssteigerungen in der „Kraft+Plyo“-Trainingsgruppe kann die geringe vertikale Bewegungsgeschwindigkeit während der Trainingsübung (Kniebeuge mit Zusatzlast) sein, da zahlreiche Studien die Spezifik der Anpassungseffekte hinsichtlich der Bewegungsgeschwindigkeit herausstellen (z. B. Saez de Villarreal et al., 2013). Da es bei den Testübungen CMJ und DJ auf eine explosive Bewegungsausführung im DVZ ankommt, liegt hier ggf. eine zu große Entfernung zur langsameren und konzentrisch orientierten Bewegungsausführung während der Kniebeuge mit hoher Zusatzlast (87 % des EWM) vor. Im Gegensatz dazu belegt z. B. Stutzig (2009) Steigerungen der CMJ-Sprunghöhe auf Basis von konzentrischen Geschwindigkeits- und Leistungssteigerungen nach einem „Kraft+Plyo“-Training mit einer Zusatzlast von 70 % des EWM. Ein weiterer Grund für die fehlende signifikante Steigerung der Trainingsgruppe „Kraft+Plyo“ kann im Bereich der Bewegungstechnik bzw. in eventuellen, muskelspezifischen Anpassungsleistungen liegen. Während der Ausführung von Kniebeugen mit hoher Zusatzlast befindet sich der KSP rückverlagert und zum vertikalen Lot der Ferse verschoben. Dadurch erfolgt eine vorrangige Beanspruchung des m. quadriceps und der m. glutei (Caterisano et al., 2002) während der m. triceps sura nur gering beansprucht wird. Allerdings ist er an der Sprungleistung beteiligt.

Clutch et al. (1983) konnten in einer 16-wöchigen Trainingsstudie mit Volleyballern keine zusätzlichen Sprunghöhensteigerungen durch ein „Kraft+Plyo“-Training im Vergleich zu einer Krafttrainingsgruppe (Einzelmethode) feststellen. Demzufolge führte der Krafttrainingsreiz in der Gruppe der Volleyballer zu den Sprunghöhensteigerungen. Andererseits ist kritisch anzumerken, dass das volleyballspezifische Training in der „Kraftgruppe“ mit vielen Sprüngen in der Studienzeit weitergeführt wurde und somit auch als plyometrisches Training wirkte. Daher ist die Frage zulässig, ob in der Probandengruppe „Volleyballer“ ein reines zusätzliches Krafttraining in Kombination mit dem sportartspezifischen Training im Sinne einer Kombinationsmethode ausreicht oder ob eine Kombination aus Kraft-, Plyometrie- und Volleyballtraining einen Mehrwert an Leistungssteigerung erbringt.

Arabatzi et al. (2010) diagnostizierten eine Steigerung von 5,2 cm (15 %) in ihrer 8-wöchigen Trainingsstudie (Kraft+Plyo) mit Sportstudenten. Diese Steigerung wurde durch einen Anstieg der konzentrischen (89 Watt, 5,2 %) und vor allem exzentrischen (207 Watt, 41,2 %) Leistung begleitet sowie durch verkleinerte Hüftwinkel (-12,6°; -9,3 %) während des CMJ nach der Trainingsphase. Die Erhöhung der Muskelaktivität des m. rectus femoris in der exzentrischen Phase bestätigte die Leistungssteigerungen der Gruppe „Kraft+Plyo“. Allerdings zeigte sich in dieser Studie zugleich eine reduzierte Aktivierung des m. gastrocnemius medialis in beiden Bewegungsphasen. Die Autoren konnten weiterhin aufzeigen, dass sowohl gleiche als auch unterschiedliche Wirkungsrichtungen zwischen dem Krafttraining mit Zusatzlast (olympische Gewichthebeübungen) und plyometrischem Training vorliegen. Diesbezüglich wurde belegt, dass sich nach einem isolierten Krafttraining ein exzentrischer (293 Watt, 56,7 %) und konzentrischer (690 Watt, 49,2 %) Leistungsanstieg sowie die Vergrößerung von Hüft- und Kniewinkeln (28,1°/ 23,5 %; 14,3°/ 11,3 %) einstellte. Nach einem isolierten, plyometrischen Training zeigten sich exzentrische (341 Watt, 78,3 %) und konzentrische (91 Watt, 5,9 %) Leistungssteigerungen sowie eine Verkleinerung des Kniewinkels (-12,4°, -8,8 %). Im Vergleich der Einzelmethode (Kraft- vs. plyometrisches Training) äußerten sich die gegensätzlichen Wirkungsrichtungen der beiden Methoden in der Aktivierung des m. rectus femoris und m. gastrocnemius medialis. Während der exzentrischen Phase des CMJ kam es zu einer starken Reduzierung der Aktivität des m. rectus femoris in der plyometrischen Trainingsgruppe (Kraftgruppe ohne Änderung). Während der konzentrischen Phase zeigte die Krafttrainingsgruppe eine erhöhte Aktivierung dieses Muskels (plyometrische Trainingsgruppe ohne Änderung). Des Weiteren zeigte sich die Gegensätzlichkeit in der Aktivitätserhöhung des m. gastrocnemius medialis während der exzentrischen Phase des CMJ in der plyometrischen Trainingsgruppe (Krafttrainingsgruppe ohne Veränderung). Während der konzentrischen Phase zeigte die Krafttrainingsgruppe Erhöhungen in der Muskelaktivierung des m. gastrocnemius medialis, während die plyometrische Trainingsgruppe eine Reduzierung aufwies. Bezogen auf die aktuelle Trainingsstudie können sowohl exzentrische als auch konzentrische Leistungssteigerungen zur Verbesserung des CMJ beigetragen haben. Bezieht man die Ergebnisse der anderen Tests in die Betrachtungen ein, scheint eine vorrangig konzentrische Leistungssteigerung im Bereich des m. quadriceps femoris wahrscheinlich. Ob trainingsbedingte, kinematische und elektromyographische Parameterveränderungen eintraten, wurde in der durchgeführten Studie nicht analysiert. Dies sollte aber in zukünftigen Untersuchungen berücksichtigt werden, um genauere Ursachenzuschreibungen treffen zu können.

Ingle et al. (2006), Juarez et al. (2009) und Wirth et al. (2007) diagnostizierten Leistungssteigerungen im CMJ nach einem mehrwöchigen Training (8-12 Wochen) mit der Methodenkombination „Kraft+Plyo“. In diesen Studien ergaben sich die Leistungssteigerungen vor allem aufgrund von Anpassungen des anaeroben Stoffwechsels und erhöhter dynamischer Maximalkraftleistungen, welche bei verschiedenen Kraftübungen bzw. -tests für die unteren Extremitäten diagnostiziert wurden. Wirth et al. (2007) zeigten ferner, dass im Vergleich zu den Einzelmethode (Kraft- und Sprungtraining) das Krafttraining einen höheren Einfluss auf die CMJ-Steigerung

aufwies als das plyometrische Training. Diese Faktoren könnten auch in der aktuellen Studie zu den Verbesserungen beigetragen haben.

Zu den wenigen Studien mit Leistungssportlern gehört die Studie von Maio-Alves et al. (2010), die ebenfalls keine signifikanten Leistungssteigerungen im CMJ nach einem 6-wöchigen „Kraft+Plyo“ Training feststellten. Im Gegensatz dazu stellten Toumi et al. (2004) signifikante Leistungssteigerungen von 13,2 % im CMJ nach einem 6-wöchigen „Kraft+Plyo“-Training mit leistungsorientierten Handballern fest. Diese Steigerung basierte auf Verbesserungen der isometrischen Maximalkraft und der konzentrischen Schnellkraft (SJ). Die Autoren fanden außerdem Aktivitätssteigerungen im m. vastus lateralis und medialis in der konzentrisch-exzentrischen Übergangsphase. Zudem verkürzte sich die Dauer der exzentrischen Phase (7,1 %) und der exzentrisch-konzentrischen Übergangsphase (8,7 %) und es wurde ein Anstieg der Kniegelenksteifigkeit von 8,2 % in der exzentrischen Phase diagnostiziert. Während die Leistungssteigerungen der isometrischen Maximalkraft und dynamisch-konzentrischen Schnellkraft auf den Krafttrainingsreiz eingegrenzt werden konnten, basierten die Anpassungen in der exzentrischen Phase und exzentrisch-konzentrischen Übergangsphase hauptsächlich auf dem plyometrischen Trainingsreiz. Dies kann konkret die erhöhte funktionale Kapazität der aktivierten Muskeln als Folge der exzentrischen Bewegung betreffen, wie auch Veränderungen des Dehnreflexes sowie die Kapazität des Muskel-Sehnenapparates, elastische Energie zu speichern und freizugeben (Komi, 1992; Toumi et al., 2004). Derartige Veränderungen scheinen auch für die Ergebnisse der aktuellen Studie plausibel.

In einer gemischten Trainingsgruppe mit leistungsorientierten Ruderern wiesen Kramer et al. (1993) ebenfalls Leistungssteigerungen von 2,2 cm (5,5 %) in einer „Kraft+Plyo“-Trainingsgruppe, die dreimal wöchentlich über neun Wochen trainierten, nach. In dieser Studie führten die Autoren die Leistungssteigerungen im CMJ vorrangig auf konzentrische Kraft- und Schnellkraftgewinne zurück. Eine ausschließlich krafttrainierende Vergleichsgruppe wies konzentrische Kraftgewinne in gleichem Umfang auf (isokinetische Tests). Die kombinierte Trainingsgruppe dieser Studie zeigte im Gegensatz dazu zusätzlich exzentrische Leistungssteigerungen, die allerdings nicht in eine erhöhte Steigerungsrate der CMJ-Sprunghöhe mündeten. Dieser Transferverlust kann durch verschiedene Faktoren erklärt werden. Einerseits ist in der Studie nicht genau beschrieben, mit welcher Ausführungsweise die Probanden den „Jump-and-Reach“-Test durchführten. Eine eventuell verlangsamte Bewegungsausführung in Kombination mit dem Armschwung kann zu einem Verlust der Nutzung der in der Oberschenkelmuskulatur gespeicherten, elastischen Energie geführt haben. Andererseits wurde während dieser Vergleichsstudie ein ruderspezifisches Training mit DVZ-Anforderungen im Rudersitz weitergeführt, welches einen möglichen sprungspezifischen Transfer negativ beeinflusste. Des Weiteren wurde die exzentrische Leistungssteigerung in den isokinetischen Tests in einer sitzenden Position ohne die vertikale Wirkung des Körpergewichts und mit einer geringeren Bewegungsgeschwindigkeit als beim CMJ diagnostiziert, womit ebenfalls eine geringe Spezifik zwischen Test- und Sprungleistung vorlag.

Bezogen auf die Ergebnisse der vorliegenden Studie kann geschlussfolgert werden, dass die Leistungssteigerungen in der Trainingsgruppe „Kraft+Plyo“ auf Verbesserungen des Kraft-Geschwindigkeitsverhaltens der beinstreckenden Muskulatur sowohl in der exzentrischen als auch in der konzentrischen Phase des CMJ beruhen können. Bezüglich der unterschiedlichen Wirkungsrichtungen zwischen Kraft- und Plyometrietaining wird angenommen, dass eine verstärkte Aktivierung des m. rectus femoris und anderer Synergisten in beiden Bewegungsphasen mit dem Abbremsen und Beschleunigen des Gewichtes der Übungen „Kniebeuge“ und „Wadenheben“ mit Zusatzlast erreicht wurden. Des Weiteren kann es im Bereich des m. gastrocnemius medialis zu einer produktiven Ergänzung von Kraft- und Plyometrietaining gekommen sein. Dies mag Aktivitätserhöhungen des m. gastrocnemius medialis in der exzentrischen Phase durch das plyometrische Training und in der konzentrischen Phase durch das Krafttraining betreffen (Arabatzi et al., 2010). Bereits O'Shea (1985) und Bosco et al. (1982) betonen die Wirksamkeit des Krafttrainings mit Kniebeugen und die Effektivität des plyometrischen Trainings. Sie verweisen dabei auf die Wirkungsrichtungen einer verbesserten neuromuskulären Effizienz (Unterstützung des Dehnungsreflexes) durch Kniebeugen sowie einer verbesserten Fähigkeit zur Rekrutierung und Speicherung von kinetischer Energie in den elastischen Strukturen von Muskeln durch das plyometrische Training. Diese Folgerungen werden von den aktuellen Ergebnissen der anderen Tests größtenteils bestätigt. Da in der durchgeführten Studie keine kinematischen Parameter erhoben wurden, können diesbezüglich keine abgesicherten Aussagen gemacht werden. Dennoch ist es möglich, dass ähnlich der Studie von Arabatzi et al. (2010) eine veränderte Bewegungstechnik (größere Ausnutzung von Gelenkwinkeln) zu veränderten Sprungergebnissen bzw. zur veränderten Beteiligung von Muskelgruppen führte (Malatesta et al., 2003).

Die signifikanten Leistungssteigerungen der Trainingsgruppe „EMS+Plyo“ stimmen einerseits mit den Ergebnissen von Herrero et al. (2006), Maffiuletti et al. (2002a) und Marqueste et al. (2010) überein. Andererseits stehen sie im Widerspruch zu den Ergebnissen von Babault et al. (2007). Kurzzeitrainingsprogramme von vier Wochen mit EMS als Einzelmethode zeigten zunächst keine akuten Leistungssteigerungen im CMJ (Maffiuletti et al., 2009; Maffiuletti et al., 2000; Malatesta et al., 2003). Allerdings offenbarten diese Studien auch signifikante Verbesserungen nach einer weiteren Zeitspanne mit sportartspezifischem Training, so dass von einem verzögerten Trainingseffekt auszugehen ist. Die Autoren dieser Studien betonen die Bedeutung des sportartspezifischen Trainings, wodurch der EMS-Trainingsreiz erst in die komplexe Bewegungsstruktur des DVZ „umgesetzt“ wird. In der aktuellen Studie konnten die Leistungssteigerungen bereits direkt nach der Trainingsphase festgestellt werden, so dass die Wirkung des plyometrischen bzw. sportartspezifischen Trainings den Transfer des EMS-Reizes in spezifische CMJ-Leistung begünstigt haben mag. Ob eine weitere Leistungssteigerung nach dem Posttest stattgefunden hat, kann nicht ausgesagt werden, da aus praktischen Zwängen kein zweiter Posttest durchgeführt werden konnte. Allerdings lassen die Ergebnisse von Maffiuletti et al. (2009) und Maffiuletti et al. (2002a) vermuten, dass auch nach der Trainingsphase weitere Steigerungen erfolgten. Diese Autoren stellten Leistungssteigerungen von 8,3 % nach einem 4-wöchigen „EMS+Plyo“-Training fest und weitere Verbesserungen (3,3 %) nach fol-

genden zwei Wochen, in denen ausschließlich ein sportartspezifisches Training ohne EMS praktiziert wurde. Im Gegensatz dazu konnten Babault et al. (2007) keine Leistungssteigerungen nach einem 6- bzw. 12-wöchigen EMS-Training mit leistungssportlichen Rugbyspielern feststellen, obwohl parallel Verbesserungen der konzentrischen Maximalkraft registriert wurden. Daher schlussfolgerten diese Autoren, dass für trainingsbedingte Steigerungen im CMJ zusätzlich zum EMS-Training ein plyometrisches bzw. sportartspezifisches Training notwendig ist, welches speziell den DVZ im CMJ trainiert.

Auch Marqueste et al. (2010) stellten signifikante Leistungssteigerungen im CMJ nach einem 4-wöchigen EMS-Training (10TE) mit Volleyballerinnen fest. Interessanterweise erlangten in dieser Studie gleich drei Gruppen signifikante Leistungssteigerungen. Die höchsten Steigerungen von 30 % erzielte eine Trainingsgruppe, die ausschließlich den m. biceps femoris stimulierte. Diese Gruppe war wegen der Antagonistenstimulation ursprünglich als Placebogruppe geplant und die Autoren machten für diese Leistungssteigerungen ausschließlich motivationale Aspekte verantwortlich (Placeboeffekt). Allerdings ist diesbezüglich kritisch anzumerken, dass es aufgrund der Wirkung des Lombardschen Paradoxon's bzw. der Stimulation des m. biceps femoris zu Leistungssteigerungen bei Kniestreckbewegungen kommen kann. Dies beruht darauf, dass unter bestimmten Voraussetzungen zweigelenkige Muskeln (z. B. m. biceps femoris caput longum) paradoxe Funktionen, wie eine eventuelle Kniestreckung übernehmen (Wiemann, 1991). Des Weiteren ist die Antagonistentätigkeit von vielen Faktoren abhängig, wie z. B. vom Winkelbereich und der Geschwindigkeit einer Bewegung. Eine Aktivierung der Antagonisten (Kokontraktionen) kann die Krafftentfaltung der Agonisten reduzieren (Wierzbicka & Wiegner, 1992). Andererseits kann eine verbesserte reziproke Hemmung die Arbeit der Agonisten positiv beeinflussen. Diesbezüglich zeigen Krafttrainingsinterventionen eine reduzierte Antagonistentätigkeit während der Agonistenbewegung (Baker & Newton, 2005). Die Trainingsgruppe von Marqueste et al. (2010), die ausschließlich den m. vastus lateralis stimulierte, erlangte Steigerungen von 23 %. Die Kontrollgruppe, die ausschließlich das Volleyballtraining absolvierte, erreichte geringere Verbesserungen, weshalb eine Wirkung des Volleyballtrainings auch bei den anderen Gruppen nicht ausgeschlossen werden kann. Die Höhe der Leistungssteigerungen dieser Vergleichsstudie basierte vorrangig auf dem geringen Ausgangsniveau der Probandengruppe.

Das aktuelle Ergebnis bestätigt die Befunde der Studie von Herrero et al. (2006), die Leistungssteigerungen im CMJ von 7,3 % nach einem 4-wöchigen „EMS+Plyo“-Training diskutierten. Allerdings ist anzumerken, dass das Leistungsergebnis dieser Vergleichsstudie im Gegensatz zur vorliegenden Studie vorrangig auf konzentrisch-dynamischen (SJ) und isometrischen (MVC) Leistungssteigerungen auf Basis von Muskelquerschnittzunahmen des m. vastus lateralis und medialis beruhten. Es ergibt sich somit die Frage, worauf die in der vorliegenden Studie gemessenen Leistungssteigerungen zurückzuführen sind. In der aktuellen Untersuchung wurde im Gegensatz zur Referenzstudie zusätzlich der m. triceps surae stimuliert. Dies kann zu Adaptationen geführt haben, die sich während der exzentrischen und exzentrisch-

konzentrischen Übergangsphase im DVZ, aber auch in der konzentrischen Bewegungsphase des CMJ auswirkten. Vor dem Hintergrund, dass während des CMJ der m. quadriceps zu ca. 50 % und der triceps surae zu ca. 23 % an der Bewegung beteiligt sind (Rajic et al., 2004), erscheinen die Ergebnisse beider Studien plausibel.

Da im Vergleich der Ergebnisse des SJ (keine signifikanten Verbesserungen) und CMJ (signifikante Verbesserungen) in der aktuellen „EMS+Plyo“-Trainingsgruppe Unterschiede vorliegen, kann angemerkt werden, dass einige Studien Leistungssteigerungen vor allem bei höheren konzentrischen Geschwindigkeiten objektivierten (Bircan et al., 2002; Colson et al., 2000; Maffiuletti et al., 2000; Pichon et al., 1995). Außerdem liegen Untersuchungen vor, die Leistungssteigerungen nach einem EMS-Training ausschließlich während der exzentrischen Bewegungsphase nachwiesen (Maffiuletti et al., 2002b). Da der CMJ im Vergleich zum SJ eine exzentrische Bewegungsphase und höhere konzentrische Geschwindigkeiten aufweist, sind geschwindigkeits- bzw. phasenspezifische Adaptationen möglich, auch wenn diese aktuell nicht objektiviert wurden. Im Vergleich der Ergebnisse des CMJ mit denen des SJ bleibt zu berücksichtigen, dass Veränderungen der Arbeitsleistung weiterer hüftstreckender Muskeln vorliegen können. Diese sollen nach Fukashiro und Komi (1987) den Einfluss der Energiespeicherung und Freigabe im Muskel-Sehnenapparat übertreffen. Dennoch ergibt sich eine Leistungspotenzierung der konzentrischen Bewegungsphase im CMJ gegenüber dem SJ durch eine erhöhte Kniegelenksteifigkeit und Muskelaktivierung in der konzentrisch-exzentrischen Übergangsphase. Dieser voraktivierte Zustand geschieht auf der Grundlage eines hohen Zusammenhalts von Querbrückenverbindungen durch mehr Verbindungsfläche und -stärke (Toumi et al., 2004).

Betrachtet man die prozentuale Steigerung des Mittelwertes beider Gruppen, kann angenommen werden, dass sowohl gemeinsame Faktoren der Trainingsmethoden als auch verschiedene Faktoren zum verbesserten Leistungsergebnis beigetragen haben. Zu den gemeinsamen Aspekten kann beispielsweise die Optimierung der zentralen Bewegungsimpulsgebung durch das plyometrische und volleyballspezifische Training gehören (Maffiuletti et al., 2002b). Diese Impulsgebung hat sich möglicherweise an veränderte, trainingsbedingte und schnellkraftbeeinflussende Strukturen und Prozesse angepasst (Malatesta et al., 2003). Zu den verschiedenen Faktoren kann u. a. die Kraftsteigerung der „Kraft+Plyo“-Trainingsgruppe v. a. im m. quadriceps, als auch die Schnellkraftänderung im Bereich des schnellen DVZ des m. triceps surae in der „EMS+Plyo“-Trainingsgruppe zählen.

Drop Jump

In der aktuellen Studie zeigte die Trainingsgruppe „Kraft+Plyo“ keine signifikanten Veränderungen, wobei ein tendenzieller Rückgang der Parameter „Sprunghöhe“, „Flugzeit“ und „maximale vertikale Bodenreaktionskraft“, bei gleichzeitiger Zunahme der Bodenkontaktzeit verzeichnet wurde. Die „EMS+Plyo“-Trainingsgruppe erreichte eine signifikante Verbesserung des Parameters „Index EKA“, der auf einer Zunahme der Flugzeit bzw. Sprunghöhe bei gleichzeitiger Verringerung der Bodenkontaktzeit beruhte.

Die Ergebnisse der Trainingsgruppe „Kraft+Plyo“ stehen im Widerspruch zu den Ergebnissen von Fatouros et al. (2000). Diese Autoren beschrieben eine Steigerung des DJ-Indexes von 81 % bei einer Gruppe von Freizeitsportlern nach einem 12-wöchigen Training mit der Kombinationsmethode. Auch wenn das geringere Leistungsniveau der Probanden und der verlängerte Trainingsumfang den Unterschied im Ergebnis zum Teil erklären, müssen die Resultate und die spezifischen Trainingsinhalte genauer betrachtet werden. In der vorliegenden Studie ergaben sich keine Veränderungen des DJ-Indexes, da sich weder die Flugzeit noch die Bodenkontaktzeit signifikant veränderten. Daher waren die Trainingsinhalte „Wadenheben mit Zusatzlast“ und die plyometrischen Übungen und/ oder deren Belastungsnormative nicht effektiv genug, um spezifische Adaptationen auszulösen. In der Studie von Fatouros et al. (2000) wurde eine signifikante Verlängerung der Flugzeit bei gleichzeitiger Abnahme der Bodenkontaktzeit festgestellt, was in der starken Verbesserung des DJ-Index mündete. Im Trainingsprogramm dieser Studie wurde eine höhere Anzahl an Trainingsübungen im Krafttraining verwendet. Außerdem wurde der 12-wöchige Trainingsumfang in zwei Phasen untergliedert. Nach einem 8-wöchigen Krafttrainingsprogramm folgte ein 4-wöchiges Programm mit schnellkräftigen Gewichthebeübungen (Ausstoßen, Anreißen, Umsetzen). Dies kann einen positiven Transfer hinsichtlich des Umsatzes eines möglichen Kraftgewinnes im Bereich der Schnellkraft bewirkt haben. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Probanden in der Vergleichsstudie den DJ nicht mit gestreckten Kniegelenken durchführen mussten. Da sich somit der Einfluss der kniestickehenden Muskulatur erhöht, kann ein anderes Leistungsergebnis entstehen. Die in der aktuellen Studie gemessene Verlängerung der Bodenkontaktzeit lässt den Schluss zu, dass sich die Zeit im DVZ, vor allem im Bereich des m. triceps surae, verlängerte. Im Ergebnis ist zu konstatieren, dass die Kraft- und Plyometrieübungen keinen effektiven Trainingsreiz auf die Wadenmuskulatur hinsichtlich der Schnell- bzw. Explosivkraft ausgeübt haben. Ob dies u. U. auf einem dennoch erhöhten Kraftniveau des m. triceps surae, aber fehlendem Umsatz in Schnellkraft beruht, kann mit der angewendeten Untersuchungsmethodik nicht eindeutig beantwortet werden. Der Maximalkrafttest der aktuellen Studie wurde nicht mit gestreckten Knien und somit einer Fokussierung auf diese Muskelgruppen durchgeführt. Betrachtet man die Ergebnisse der Studie von Stutzig (2009) genauer, lässt sich die Ineffektivität des „Kraft+Plyo“-Trainings bezogen auf die DJ-Sprunghöhe weiter eingrenzen. Stutzig (2009) stellte zwar ebenfalls keine signifikanten Sprunghöhensteigerungen fest, diagnostizierte aber eine Abnahme der Bodenkontaktzeit, ein geringeres Absenken des KSP in der exzentrischen Phase und eine verbesserte konzentrische Leistung. Da im Trainingsprogramm dieser Vergleichsstudie die Übung „Wadenheben“ nicht, und die Übung „Kniebeuge mit Zusatzlast“ mit geringerem Gewicht durchgeführt wurden, sind entsprechende Ergebnisdifferenzen aufgrund geschwindigkeitsspezifischer Adaptationen möglich.

Aufgrund der Tatsache, dass in der vorliegenden Studie beide Trainingsgruppen das gleiche plyometrische Training absolvierten, können die Leistungssteigerungen der Trainingsgruppe „EMS+Plyo“ auf folgende Faktoren zurückgeführt werden:

a) der EMS-Reiz oder

- b) die Überlagerung der Wirkung des plyometrischen Trainings in der Trainingsgruppe „Kraft+Plyo“ durch andere Faktoren oder
- c) die spezifische Kombination zwischen EMS und Plyometrie.

Im ersten Fall beruhen die Leistungssteigerungen der „EMS+Plyo“ Trainingsgruppe vorrangig auf Adaptationen der spinalen und supraspinalen Impulsgebung (Maffiuletti et al., 2003; Smith, Alon, Roys & Gullapalli, 2003) und/ oder peripherer Faktoren (Babault et al., 2007). Lokalisiert werden diesbezüglich Veränderungen des schnellen DVZ im Bereich der Wadenmuskulatur, da die Bewegungsausführung des DJ mit gestrecktem Knie- und Hüftgelenk erfolgte. Die Anpassungen in diesem Bereich können u. a. die erhöhte Muskelaktivierung des m. soleus, m. gastrocnemius medialis und lateralis in der exzentrischen Arbeitsphase betreffen (Arabatzis et al., 2010; Maffiuletti et al., 2002b). Außerdem kann die verbesserte Speicherung und Freigabe der elastischen Energie (Fatouros et al., 2000; Komi & Bosco, 1978), veränderte Reflexbedingungen (Maffiuletti et al., 2003), die erhöhte Steifigkeit des Gesamtsystems (Wang, Lin & Huang, 2004) und eine verbesserte PAP-Ausnutzung (Maffiuletti et al., 2002b) beeinflussend wirken. Zudem kann die Muskelfaserbeschaffenheit und deren Ansteuerung einer trainingsbedingten Veränderung unterliegen. Ferner ist zu berücksichtigen, dass der EMS-Reiz hauptsächlich die großen motorischen Einheiten der fast-twitch Muskelfasern anspricht (Enoka, 2002). Delitto et al. (1989) machten diesbezüglich Muskelfaserwandlungen in Richtung vermehrter Typ-2-Fasern (fast-twitch) für die Leistungssteigerungen verantwortlich. Die Verkürzung der Bodenkontaktzeit bei gleichzeitiger Verlängerung der Flugzeit in der aktuellen Studie deutet auf eine verbesserte Nutzung der gespeicherten elastischen Energie hin. Diese kann sowohl auf dem EMS-Reiz als auch auf den plyometrischen Trainingsübungen beruhen, da Studien verbesserte Sprungleistungen nach beiden Belastungsformen nachwiesen (EMS: Babault et al. (2007); Plyometrie: Fatouros et al. (2000)). Die Bedeutung des plyometrischen Trainings betont auch Maffiuletti et al. (2009), die keine Leistungssteigerungen im DJ nach einem 3-wöchigen EMS-Training objektivierten. Martin et al. (1993) beobachteten Verbesserungen des Kraft-Geschwindigkeits-Verhaltens des m. triceps surae nach einem 4-wöchigen EMS-Training mit insgesamt zwölf Trainingseinheiten. Da keine Veränderungen des Muskelquerschnitts objektiviert wurden, führten die Autoren die Leistungsveränderungen vorrangig auf Adaptationen des nervalen Systems sowie der serien- und parallel-elastischen Komponenten zurück. Auch Paillard (2008) weist darauf hin, dass Steigerungen durch Kraft- und Geschwindigkeitskomponenten eintreten, da im Vertikalsprung die muskuläre Leistung (Produkt aus Kraft und Geschwindigkeit) überprüft wird (Bosco, Luhtanen & Komi, 1983). Somit besteht die Möglichkeit, dass die „EMS+Plyo“-Trainingsgruppe Verbesserungen der Maximalkraft und/ oder der Schnellkraftfähigkeiten im m. triceps surae erreichte. Diese Steigerungen können im Vergleich zur „Kraft+Plyo“-Trainingsgruppe auf einer verbesserten Rekrutierungs- und/ oder Synchronisationsfähigkeit der motorischen Einheiten beruhen (Maffiuletti et al., 2000; Singer, 1986), da während der EMS die Rekrutierungsfolge im Vergleich zu Willküraktivierungen unabhängig von der Intensität verändert ist (Henneman & Olson, 1965; Solomonow,

1984) und somit Verbesserungen vor allem im Bereich der „schnellen“ Muskelfasern auftreten.

Im zweiten Fall sind die Leistungsrückgänge in der „Kraft+Plyo“ Trainingsgruppe u. U. darauf zurückzuführen, dass keine positiven Anpassungen im o.g. Bereich erfolgten. Diesbezüglich beschrieben Arabatzi et al. (2010) reduzierte Muskelaktivierungen des m. gastrocnemius in der konzentrischen und exzentrischen Phase des CMJ und eine mögliche Überlagerung der Anpassungseffekte im m. triceps surae durch erhöhte Aktivierungen im m. rectus femoris nach einem kombinierten Kraft- und Sprungtraining. Bobbert und Van Soest (1994) weisen darauf hin, dass eine Kraftsteigerung der kniestickehenden Muskulatur nicht notwendigerweise in einer Steigerung der Sprungleistung resultiert, da eine spezifische Muskelkoordination und Kontraktionsgeschwindigkeit wichtige Leistungselemente darstellen. Auch Wirth et al. (2007) stellten keine Steigerung der DJ-Leistung nach einem 8-wöchigen Training mit der Kombinationsmethode „Kraft+Plyo“ und den entsprechenden Einzelmethode fest. In dieser Studie ergab sich kein Transfer erhöhter Maximalkraftleistungen und verbesserter Leistungen in anderen Sprungfertigkeiten (SJ, CMJ). Da im Training ausschließlich mit Kniebeuge und CMJ gearbeitet wurde, wird angenommen, dass der Trainingsreiz eher im Bereich des m. quadriceps femoris wirkte als im Bereich des m. triceps surae.

Im dritten Fall der spezifischen Wirkung der Kombination aus EMS und Plyometrie erfahren die aktuellen Ergebnisse Unterstützung durch die Studie von Maffiuletti et al. (2002a). Diese Autoren konnten signifikante Steigerungen der DJ-Sprunghöhe in Kombination mit nichtsignifikanten Abnahmen der Bodenkontaktzeit nach einem 4-wöchigen „EMS+Plyo“-Training belegen. Dies entspricht tendenziell der signifikanten Verbesserung des Parameters „DJ-Index“ (Index EKA) in der aktuellen Studie, welcher nichtsignifikante Sprunghöhensteigerungen und Bodenkontaktzeitabnahmen zusammenführt. Da in beiden Studien eine ähnliche Kombinationsart und Belastungsgestaltung vorlag, kann festgehalten werden, dass die Kombination von EMS und Plyometrie in einer Trainingseinheit zu Adaptationen führt, die sich in Verbesserungen der DJ-Leistung ausdrücken.

Im Falle einer geringen Wirkungsweise des durchgeführten plyometrischen Trainings auf den DJ in beiden Gruppen, müssen die ausgewählten Inhalte (Trainingsübungen) und das Belastungsregime hinterfragt werden. Hinsichtlich der Trainingsinhalte ist anzumerken, dass die Ausführung von diversen plyometrischen Übungen vorrangig im gebeugten und nicht gestreckten Kniewinkel erfolgte. In Anlehnung an Chimera, Swanik, Swanik und Straub (2004) sowie Markovic und Mikulic (2010) könnte der mangelnde Einfluss des durchgeführten plyometrischen Trainings auf die DJ-Leistung mit einer unzureichenden Wirkungsspezifität des Arbeitswinkels im Training erklärt werden. Außerdem wurden die plyometrischen Übungen in so genannten Sprungbahnen bzw. kontinuierlich ausgeführten Sprüngen ohne Pausen durchgeführt. Chamari et al. (2001) verweisen diesbezüglich auf die Wirkung des venösen Blutlaktats nach kontinuierlichen Sprüngen. Da sich die Stoffwechselprozesse im Training (anaerob-laktazid) von denen im Test (anaerob-alaktazid) unterscheiden,

kann sich auch die Differenz im Belastungsregime zwischen Training und Testbedingung ausgewirkt haben.

Reichhöhe mit 3-Schritt-Anlauf

In der vorliegenden Trainingsstudie konnten beide Trainingsgruppen ihre Leistungen signifikant steigern. Zurückzuführen ist dies vorrangig auf die übereinstimmenden Faktoren der Trainingsprogramme (z. B. plyometrisches Training, volleyballspezifisches Training). So gibt es zahlreiche Studien, welche die Wirksamkeit des plyometrischen Trainings belegen (Adams et al., 1992; Fatouros et al., 2000). Ein Grund ist die erhöhte Muskelaktivierung nach den plyometrischen Trainingsphasen (Aratzis et al., 2010). Darüber hinaus stellt das plyometrische Training für Volleyballspieler eine spezifische Trainingsform hinsichtlich der Schnellkraftleistung der unteren Extremitäten dar. Während der plyometrischen Übungen werden hohe Winkelgeschwindigkeiten in den beteiligten Gelenken erreicht (Aragon-Vargas & Gross, 1997), die den Test- und Wettkampfleistungen ähneln. Zudem weisen die Krafttrainingsübungen der Trainingsgruppe „Kraft+Plyo“ auch kinetische und kinematische Übereinstimmungen mit den vertikalen Sprungbewegungen auf.

Die Verbesserung der Trainingsgruppe „Kraft+Plyo“ kann unter anderem auf die Maximalkraftsteigerung (vgl. isometrischer Maximalkrafttest) zurückgeführt werden. Die Grundlage dafür können eventuelle Adaptationen des neuromuskulären Systems, wie beispielsweise eine verbesserte Synchronisation und/ oder Rekrutierung, sein (Young, James & Montgomery, 2002). Auch eventuelle Koordinationsverbesserungen aufgrund von plastischen Veränderungen im ZNS sind zu berücksichtigen (Jensen, Marstrand & Nielsen, 2005). Außerdem wurde bereits auf die möglichen Leistungs- und Aktivitätssteigerungen im Bereich des m. quadriceps femoris in der konzentrischen Phase (durch das Krafttraining) und in der exzentrischen Phase des m. triceps surae (durch das plyometrische Training) hingewiesen. Da die Aktivierung des m. quadriceps femoris zu ca. 50 % den Leistungsoutput beim CMJ bedingt (Hubley & Wells, 1983), können die Verbesserungen der „Kraft+Plyo“ Trainingsgruppe u. a. auf diesen Aspekt zurückgeführt werden. Toumi et al. (2004) begründen Verbesserungen im Sprung nach plyometrischem Training mit Steigerungen der Muskelaktivierung sowie einer verbesserten Fähigkeit den DVZ zu nutzen (Speicherung und Freigabe von elastischer Energie) sowie mit positiven Veränderungen der Reflexaktivität (Wilson, Murphy & Giorgi, 1996). Auch Rahimi et al. (2006) weisen auf Funktionsverbesserungen (z. B. Verkürzung der Amortisationsphase) im DVZ durch plyometrisches Training und die simultane Nutzung von Kraftgewinnen durch ein Krafttraining mit hohen Zusatzlasten hin. Als neuromuskuläre Adaptationen nach dem „Kraft+Plyo“-Training verweisen diese Autoren auf eine verstärkte Hemmung der Antagonisten, eine stärkere agonistische und synergistische Muskelaktivierung und Veränderungen der Muskelfaserstruktur (Baker & Newton, 2005). Bezogen auf die Muskelfaserveränderungen gibt Schlumberger et al. (2003) den Hinweis, dass eine trainingsbedingte Zunahme an Typ-2a-Fasern bei gleichzeitiger Abnahme an Typ-2x- und Typ-1-Fasern möglich sei und dadurch das Rekrutierungs- und Explosivkraftverhalten positiv beeinflusst wird. Verschiedene Studien belegen eine positive

Korrelation zwischen Typ-2a-Fasern und Explosivkraftverhalten (z. B. Jurimae, Abernethy, Quigley, Blake & McEniery, 1997). Diese Faktoren können auch in der vorliegenden Studie zu den Ergebnissen beigetragen haben, auch wenn diese Betrachtungen messtechnisch genauer abgesichert werden müssten.

Lyttle et al. (1996) wiesen eine höhere Steigerungsrate in einem vergleichbaren Sprungtest in einer „Kraft+Plyo“-Trainingsgruppe gegenüber einer Krafttrainingsgruppe ohne Plyometrie nach. Dies verdeutlicht, dass zur Sprunghöhensteigerung sowohl ein Kraftgewinn durch Krafttraining als auch die Umsetzung in spezifische Bewegungsfertigkeiten durch ein Plyometrietaining und dessen Wirkungsmechanismen bedeutsam sind. Außerdem beschreiben die Autoren eine reduzierte Wirkung dieser kombinierten Trainingsmethodik, je höher die Bedeutung der Exzentrik im DVZ (durch erhöhte Anlaufgeschwindigkeit und Amortisation) in der Testübung wird. Diese Feststellung wird durch die aktuelle Untersuchung bestätigt, da die Trainingsgruppe „Kraft+Plyo“ sowohl im Vergleich mit den anderen Testübungen als auch zur „EMS+Plyo“-Trainingsgruppe geringere Steigerungen aufwies.

Die „EMS+Plyo“-Gruppe zeigte in diesem Test eine tendenziell stärkere Verbesserung, was zur Annahme führt, dass diese Gruppe vor allem dann Verbesserungen zeigt, wenn die Exzentrik in der Bewegungsaufgabe an Bedeutung gewinnt. Die aktuellen Ergebnisse bestätigen zudem die Studienergebnisse von Maffiuletti et al. (2002a), die signifikante Sprunghöhensteigerungen (11,6 %) im Angriffsschlag nach einem 4-wöchigen „EMS+Plyo“-Training feststellten. Aufgrund des vergleichbaren Belastungsregimes beider Studien kann festgehalten werden, dass die Kombination aus EMS und Plyometrie wirkungsvoll zur Steigerung der Sprunghöhe im Volleyballangriffsschlag beitragen kann. Im Unterschied zur aktuellen Studie beschrieben Maffiuletti et al. (2002a) allerdings isometrische und konzentrische Leistungssteigerungen in der Trainingsgruppe. Dies kann z. T. die höhere Steigerungsrate der Vergleichsstudie erklären, auch wenn derartige Verbesserungen nur teilweise in die komplexe Leistung des DVZ eingehen. Auch Benito-Martinez et al. (2011) objektivierten signifikante Leistungssteigerungen im „Jump-and-Reach“-Test nach einem 8-wöchigen „EMS+Plyo“-Training (16 TE) mit Sprintern. Interessanterweise konnten diese Autoren bereits nach zwei Wochen signifikante Leistungssteigerungen feststellen, die bis zur achten Woche weiter anstiegen. Im Gegensatz dazu zeigten Vergleichsgruppen, die eine simultane Anwendung, eine andere Reihenfolge der kombinierten Methoden oder die Plyometrie als Einzelmethode einsetzten, keine bzw. geringere Leistungssteigerungen. Daher ist von Wirkeffekten speziell dieser Kombination (EMS vor Plyometrie) auszugehen. Jubeau et al. (2006) erklären, dass der vorstimulierte Muskel aktiver und empfänglicher für die anschließende Plyometrie ist, wodurch eine höhere Intensität erreicht wird und anschließende Adaptationen verstärkt eintreten (vgl. Studie 1).

Gegenüber den Ergebnissen im CMJ ergaben sich in beiden Gruppen leichte Veränderungen. Um diese interpretieren zu können, lohnt sich ein Vergleich der Beanspruchungen beider Testübungen. Der Hauptunterschied betrifft eine erhöhte anlaufbedingte Vordehnung der kniestickehenden Muskulatur. Da die Intensität der Vordehnung einen erheblichen Einfluss auf die Speicherung und Freigabe elastischer Ener-

gie bei Bewegungen im DVZ ausüben (Toumi et al., 2004), kann man davon ausgehen, dass Adaptationen, die den DVZ betreffen, in dieser Testform im Vergleich zum CMJ verstärkt zum Tragen kommen. Rahimi und Dehpur (2005) erklären, dass je schneller die Muskeldehnung ist, desto größer wird die anschließende Kontraktionskraft (Gehri, Ricard, Kleiner & Kirkendall, 1998). Da in der aktuellen Studie die „EMS+Plyo“-Trainingsgruppe höhere Leistungssteigerungen aufwies, kann davon ausgegangen werden, dass die Adaptationen dieser Gruppe vorrangig den DVZ betreffen und somit die Fähigkeit des neuromuskulären Systems, Energie zu speichern und freizugeben. Dem gegenüber werden die geringeren Leistungssteigerungen der „Kraft+Plyo“-Trainingsgruppe den geringeren Veränderungen in diesem Bereich bzw. den in den anderen Tests festgestellten konzentrischen Adaptationen zugeordnet.

Maximalkraft

Auch wenn keine signifikanten Veränderungen der Maximalkraft festgestellt wurden, lag eine Tendenz der Leistungsverbesserung in der „Kraft+Plyo“-Trainingsgruppe vor (5,1 % Mediananstieg). Im Gegensatz dazu stellten sich in der Trainingsgruppe „EMS+Plyo“ tendenzielle Rückgänge ein. Bereits andere Studien zeigten, dass ein Komplextraining („Kraft+Plyo“) zu verbesserter Maximal- und Explosivkraft führen kann (Ingle et al., 2006; Juarez et al., 2009; Lyttle et al., 1996; Saez de Villarreal et al., 2013). In diesen Untersuchungen wurden die Leistungssteigerungen v. a. auf die geringe Trainingserfahrung der Sportler zurückgeführt, die somit eine erhöhte Adaptationsreserve aufweisen und auf eine große Breite von Krafttrainingsreizen ansprechen (Filipovic et al., 2012; Fröhlich et al., 2012).

In einer gemischten Trainingsgruppe leistungsorientierter Ruderer konnte Kramer et al. (1993) nach einem 9-wöchigen „Kraft+Plyo“-Training (27 TE) eine Steigerung der isometrischen Maximalkraft von 16,0 % feststellen. Da eine Vergleichsgruppe ohne plyometrische Trainingsinhalte die gleiche Steigerungsrate aufwies, wurde die Maximalkraftsteigerung dem Krafttrainingsreiz zugeordnet. Dies kann auch für die aktuelle Studie angenommen werden. Auch Clutch et al. (1983) konnten Leistungssteigerungen der maximalen isometrischen und konzentrischen Maximalkraft nach einem 4-wöchigen „Kraft+Plyo“-Training feststellen. In dieser Studie erwiesen sich jedoch verschiedene Trainingsinhalte des plyometrischen Trainings (CMJ, DJ aus unterschiedlichen Fallhöhen) als gleichermaßen effektiv. Rahimi und Dehpur (2005) erfassten signifikante Steigerungen der dynamischen Maximalkraft nach einem 6-wöchigen „Kraft+Plyo“-Training (18 TE) mit Sportstudenten. In dieser Analyse zeigte eine Vergleichsgruppe mit der Einzelmethode „Kraft“ vergleichbare Leistungssteigerungen und eine Vergleichsgruppe „Plyometrie“ geringere Leistungssteigerungen, so dass auch hier der Krafttrainingsreiz als ausschlaggebend für die Maximalkraftsteigerungen angesehen werden kann. Weiterhin weisen Rahimi und Dehpur (2005) - auf spezifische Anpassungen bezogen - auf die Bewegungsgeschwindigkeit hin. Die Autoren betonen, dass die Kraftgewinne durch ein Krafttraining mit geringen Geschwindigkeiten trainingsspezifisch bedingt bei geringeren Geschwindigkeiten von Test- bzw. Wettkampfbewegungen auftreten. Dies könnte auch erklären, warum die

„Kraft+Plyo“-Trainingsgruppe in den Sprungtests mit höheren Bewegungsgeschwindigkeiten geringere Leistungssteigerungen aufwies.

In einer der wenigen Trainingsstudien mit einer leistungssportlich orientierten Probandengruppe wurden bereits nach drei Wochen eines „Kraft+Plyo“-Trainings Leistungssteigerungen von 13,2 % in der isometrischen Maximalkraft festgestellt (Toumi et al., 2004). Da eine Vergleichsgruppe ausschließlich ein Krafttraining durchführte, nachdem keine Leistungssteigerungen diagnostiziert wurden, kann festgehalten werden, dass die Kombinationsmethode als frühe Adaptationswirkung die Steigerung der isometrischen Maximalkraft verursachte. In diesem Falle haben sich beide Trainingsreize effektiv ergänzt. Allerdings ist anzumerken, dass auch das zusätzliche Trainingsvolumen der Kombinationsgruppe, die zwar das gleiche Krafttraining aber ein zusätzliches Plyometrietaining durchführte, ausschlaggebend gewesen sein kann. Nach weiteren drei Wochen Training wurden in dieser Studie keine erneuten Leistungssteigerungen der Kombinationsmethode festgestellt, doch die Krafttrainingsgruppe konnte durch eine verzögerte Trainingswirkung in den Leistungssteigerungen zur Kombinationsgruppe aufschließen. Bestätigt wurden die Steigerungen der isometrischen Maximalkraft durch Steigerungen der Maximalleistung und Muskelaktivierung bei maximalen konzentrischen Kontraktionen mit 40 %, 50 % und 60 % des EWM. Dabei zeigte sich, dass der leistungssteigernde bzw. aktivierende Effekt der Kombinationsmethode gegen geringere Widerstände im Vergleich zum separaten Krafttraining höher ist. Dies unterstützt die leistungssteigernden Ergebnisse der Kombinationsmethode in den dynamischen Schnellkrafttests, die mit Körpereigenengewicht durchgeführt wurden (SJ). Da in dieser Studie Maximalkraftsteigerungen vor den dynamischen Schnellkraftsteigerungen eintraten, ist auch für die aktuelle Studie nicht auszuschließen, dass verzögerte Trainingseffekte eintraten, die nur durch einen zweiten Posttest hätten objektiviert werden können.

Als Grundlage der Maximalkraftgewinne in der aktuellen Untersuchung können sowohl verstärkte Impulse des zentralen Nervensystems (Enoka, 1988) als auch periphere Veränderungen der muskulären Strukturen (z. B. Muskelquerschnitt) angenommen werden. Eine eindeutigere Zuordnung kann nur mit dem Einsatz weiterer diagnostischer Verfahren (z. B. EMG, Muskelquerschnittsmessung) vorgenommen werden. Da Toumi et al. (2004) Veränderungen der EMG-Aktivierung feststellen konnten, liegt die Vermutung nahe, dass auch in der Studie, die dieser Arbeit zugrunde liegt, vorrangig Veränderungen im Bereich des Nervensystems zu verorten sind. Dies kann z. B. eine erhöhte Aktivierung der motorischen Einheiten der trainierten Agonisten betreffen, wobei eine erhöhte Anzahl aktiver motorischer Einheiten und/ oder eine erhöhte Frequenz ausschlaggebend sein können (Sale, 1988). Auch Hakkinen und Komi (1983) weisen darauf hin, dass in den ersten Krafttrainingswochen zunächst hauptsächlich neuronale Anpassungen Maximalkraftgewinne generieren, bevor in späteren Phasen der Einfluss von Muskelfaserveränderungen oder Enzymaktivitätsveränderungen zunimmt. Dies belegten die Autoren mit Steigerungen des maximalen IEMG des m. rectus femoris und des m. vastus lateralis. Diese spezifischen Veränderungen können z. T. auch für die tendenziellen Maximalkraftsteigerungen der „Kraft+Plyo“-Trainingsgruppe in der aktuellen Trainingsstudie angenommen wer-

den. Als grundlegende Mechanismen neuronaler Veränderungen führen Hakkinen und Komi (1983) trainingsbedingt veränderte, aktivierende und hemmende Prozesse in neuronalen Nervenbahnen auf unterschiedlichen Ebenen an. Dazu zählen beispielsweise die Entladung des Golgi-Sehnen-Organs, die Hemmung durch Renshaw-Zellen und die postaktive Potenzierung.

Die Abweichungen zwischen den Gruppen in der vorliegenden Studie liegen vor allem im Unterschied der Trainingsreize „Kniebeuge mit Zusatzlast“ und „EMS“. Es kann angenommen werden, dass der Trainingsreiz unzureichend für Leistungssteigerungen im statischen bzw. isometrischen Maximalkrafttest war, obwohl während des EMS-Trainings eine isometrische Arbeitsweise der Muskulatur im Training vorlag. Da die Trainingsgruppe „EMS+Plyo“ keine Veränderungen der Maximalkraft offenbarte, ist es einerseits möglich, dass beide Trainingsreize ohne Wirkung auf die Maximalkraft blieben oder dass ein Trainingsreiz den anderen im Sinne einer Interferenz beeinflusste. Ein Grund für das Ausbleiben von Leistungssteigerungen kann z. B. eine ungenügende Trainingsfrequenz sein, da z. B. Filipovic et al. (2011) ein viermaliges Training pro Woche bei aktiven Sportlern empfehlen und auch andere Autoren darauf hinweisen, dass weniger als 3 TE pro Woche keinen ausreichenden Trainingsreiz für Maximal- und Schnellkraftkraftgewinne darstellen (Gondin et al., 2005; Schlumberger et al., 2003). Jubeau et al. (2006) konnten nach einem 4-wöchigen EMS-Training (16TE) signifikante Leistungssteigerungen der Maximalkraft feststellen. Diese wurden sowohl von frühen Adaptationen (z. B. erhöhte Muskelaktivierung/ EMG) nach vier Wochen Training und von verzögerten Adaptationen (z. B. erhöhte Spinalreflexamplitude) nach weiteren vier Wochen Trainingspause begleitet. Da in der aktuellen Studie aufgrund der Mesozyklusplanung des hauptamtlichen Trainers nur 2 TE pro Woche mit den Kombinationsmethoden durchgeführt werden konnten, kann dies ein Grund für das Ausbleiben von Adaptationen in diesem Bereich sein. Des Weiteren wird für isometrische Maximalkraftgewinne eine Stimulationszeit von 14-15 min pro Muskelgruppe empfohlen (Filipovic et al., 2011), die in der aktuellen Studie mit 10 min unterschritten wurde. Außerdem kann eine eventuell zu geringe Stimulationsintensität, als wichtigster EMS-Effektivitätsparameter (Filipovic et al., 2012), in der aktuellen Studie das Ausbleiben von Maximalkraftsteigerungen bedingt haben. Diesbezüglich werden für die EMS 70 % des MVC empfohlen und Mindestanforderungen an Impulsintensität (> 60 mA), Frequenz (80 Hz) und Impulsbreite (300-450 μ s) herausgestellt (Filipovic et al., 2011). Da in der aktuellen Analyse keine trainingsbegleitende MVC-Messung während der EMS durchgeführt wurde und die Einstellung der Impulsintensität den Leistungssportlern, trotz externer Motivation zu hohen Intensitäten überlassen wurde, kann diese Ursache nicht völlig ausgeschlossen werden.

Eine weitere Ursache für das Ausbleiben von Verbesserungen in der Gruppe „EMS+Plyo“ kann das Training in einer Position von 90° sein (statt im testspezifischen Gelenkwinkel von 110°). Zahlreiche Autoren weisen auf einen engen Zusammenhang zwischen Trainingsposition und Kraftgewinnen durch spezifische neuronale Anpassungsmechanismen hin, wie beispielsweise eine erhöhte Aktivierung der motorischen Einheiten im spezifischen Gelenkwinkel, was für ein spezifisches Training

spricht (Maffiuletti et al., 2000; Martin et al., 1993). Diesbezüglich stellten Maffiuletti et al. (2002b) fest, dass nach einem 4-wöchigen Training der Plantarflexoren eine verstärkte Maximalkraft ausschließlich im trainierten Gelenkwinkel auftrat. Außerdem wurden in dieser Studie Anstiege der EMG-Aktivierung der Agonisten und keine Veränderungen in den Antagonisten festgestellt. Herrero et al. (2006) empfehlen aufgrund ihrer Ergebnisse einen anforderungsspezifischen Kniegelenkwinkel beim EMS-Training zu verwenden, der bei Sprüngen ca. 120° betragen sollte. Außerdem weisen diese Autoren darauf hin, dass Studien benötigt werden, die das Problem der maximalen und individuell tolerierbaren Intensität beim EMS-Training systematisch erfassen, da diese Intensitätsvariabilität innerhalb der Studiengruppen zu starken Schwankungen in den Ergebnissen führen kann (Miller & Thepaut-Mathieu, 1993).

Des Weiteren kann eine Ineffektivität des EMS-Reizes in Bezug auf die Kraftentfaltung auf eine veränderte Rekrutierungsreihenfolge zurückgeführt werden, die gerade die FT-Muskelfasern in der Nähe der Elektrodenplatzierung betreffen (Iwasaki et al., 2006). Auch die Inaktivität der antagonistischen und nicht stimulierten Muskulatur kann einen Einfluss ausgeübt haben (Baker & Newton, 2005). Diesbezüglich stellen Mester et al. (2009) in ihren Vergleichsstudien unterschiedlicher Trainingsmethoden mit Sportstudenten heraus, dass ein EMS-Training (Beinbeuger, 30 Kontraktionen, zweimal pro Woche, 4 Wochen, 80 Hz, 350 µs) zwar einen auf die isometrische Maximalkraft wirkenden Reiz (9-prozentige Steigerung) auszuüben vermag, dass dieser aber geringer ist als beim klassischen Krafttraining mit Zusatzlast (16-prozentige Steigerung, Training: Beinbeuger, 9 Kontraktionen, zweimal pro Woche, 4 Wochen, 90% des EWM). Dies kann auch für die vorliegende Studie in Bezug auf die spezifische Trainingsgruppe „Leistungssportler“ angenommen werden (keine Leistungssteigerung der „EMS+Plyo“-Gruppe vs. tendenzielle Leistungssteigerungen der „Kraft+Plyo“-Gruppe). Mester et al. (2009) weisen darauf hin, dass spezifische Anpassungserscheinungen aufgrund muskelspezifischer Anforderungsprofile (z. B. Bewegungsintensität und –geschwindigkeit) entstehen. Dabei führen maximale Krafttrainingsreize beispielsweise zur erhöhten Leistungsabgabe bei der maximal schnellen bzw. maximal isometrischen Beinstreckung und weniger intensive EMS-Reize zu einer erhöhten Leistungsabgabe bei dynamischen Leistungen, in denen die spezifische Muskulatur mit mittlerer Intensität beansprucht wird (intensitätsspezifische Anpassungen). Diesbezüglich bestätigen Herrero et al. (2006) die Bedeutung von hohen Belastungen (Intensitäten, Umfänge, Frequenz) für unmittelbare Steigerungen der Maximalkraft nach Kurzzeittrainingsprogrammen (vier Wochen) mit Methodenkombinationen. Allerdings zeigen diese Autoren auch, dass es aufgrund dieser Belastungen zu Leistungsrückgängen im Vertikalsprung kommen kann, und dass Leistungssteigerungen erst nach einer längeren bzw. verzögerten Superkompensationszeit auftreten (Maffiuletti et al., 2002b).

Andererseits ziehen Mester et al. (2009) im Vergleich verschiedener Krafttrainingsmethoden den Rückschluss, dass verschiedene Belastungsparameter, wie z. B. Serien- und Wiederholungszahl, Pausenzeit, Anspannungszeit, etc. einen geringen Einfluss auf die Steigerung der isometrischen Maximalkraft ausüben. Auch andere Autoren bestätigen diese Sichtweise und verweisen auf die Bedeutung des individuellen

Ansprechens auf bestimmte Trainingsreize (z. B. Seyri & Maffiuletti, 2011). Da es sich bei dieser Vergleichsstudie allerdings um eine vom Trainingsniveau her niedrigere Probandengruppe (Sportstudenten) handelte, kann diese Schlussfolgerung nicht ohne weiteres auf die Leistungssportler der aktuellen Studie übertragen werden. In Bezug auf die intensitätsspezifischen Anpassungen weisen Maffiuletti et al. (2000) außerdem darauf hin, dass die Entladungsraten der motorischen Einheiten ab 30 % des MVC mit einer quadratischen Beziehung ansteigen und spezifische Anpassungen in diesem Bereich erst mit hohen Intensitäten erreicht werden. Dies unterstützt die Vermutung des Erreichens höherer Intensitäten und entsprechender Anpassungen durch die Trainingsgruppe „Kraft+Plyo“ im Vergleich der beiden Trainingsreize EMS vs. Kniebeuge (Hainaut & Duchateau, 1992). Auch Bax et al. (2005) und Perez et al. (2002) betonen die Notwendigkeit der Verwendung von Stimulationsfrequenzen bis 100 Hz und von maximal tolerierbaren Intensitäten für kraft- bzw. hypertrophieorientierte Anpassungen. In der aktuellen Trainingsstudie betrug die Stimulationsfrequenz 80 Hz und maximal 80 mA.

Eventuelle Anpassungen werden zudem hauptsächlich auf neuronale und weniger auf muskuläre Prozesse und Strukturen zurückgeführt (Maffiuletti et al., 2002b), da Studien belegen, dass eine Muskelhypertrophie nicht zu den frühen Anpassungserscheinungen (3-5 Wochen) nach einem EMS-Training zählt (Eriksson et al., 1981; Fröhlich et al., 2012; Gondin et al., 2005; Sale, 1988). Neuronale Anpassungserscheinungen sind wahrscheinlich, da die EMS einerseits die Muskelfasern indirekt über die intramuskulären Nervenbahnen innerviert und zu einer antidromen Aktivierung der Motoneuronen führen kann (Hultman et al., 1983). Andererseits zeigten Maffiuletti et al. (2002b), dass ein 4-wöchiges EMS-Training zur Erhöhung der Muskelaktivität durch eine vermehrte Aktivierung supraspinaler Zentren führt, die sich in einer erhöhten Rekrutierung der Agonisten äußert (Marqueste et al., 2010). Außerdem verweisen diese Autoren auf weitere Faktoren der Leistungszunahme wie Lernprozesse, verbesserte Koordination zwischen Synergisten in Form einer reduzierten Koaktivierung von Antagonisten (Baker & Newton, 2005; Tan, 1999).

Im Gegensatz zu den aktuellen Ergebnissen wiesen Pichon et al. (1995) Maximalkraftsteigerungen von 21 % nach einem 3-wöchigen EMS-Training nach. Auch wenn diese Autoren ebenfalls mit Leistungssportlern arbeiteten, bestanden die Unterschiede zwischen den Studien in der Trainingshäufigkeit pro Woche (zweimalig vs. dreimalig), im untersuchten Muskelbereich (Beinstreckmuskulatur vs. m. latissimus dorsi) und eventuell in der Einbettung in unterschiedliche Periodisierungsmodelle. Da in der aktuellen Studie bereits ein Block Maximalkrafttraining vor dem Schnellkrafttraining mit der eingesetzten Methodenkombination „EMS+Plyo“ durchgeführt wurde, können Steigerungen in diesem Bereich bereits erreicht worden sein, so dass weitere Verbesserungen aufgrund des hohen Ausgangsniveaus nicht eintraten. In der Analyse von Pichon et al. (1995) wurden keine Angaben zur Periodisierung vorgenommen. Auch Maffiuletti et al. (2002b) stellten Maximalkraftsteigerungen von 28,5 % für die Knieextensoren (m. vastus lateralis und medialis) und von 25,4 % für die Plantarflexoren (m. gastrocnemius medialis und lateralis) fest. Auch in dieser Vergleichsstudie trainierten die Sportler dreimal pro Woche und es gab keine Angaben zur Perio-

disierung. Des Weiteren lag in dieser Vergleichsstudie ein geringeres Trainingsniveau der Sportler vor. Da in der aktuellen Untersuchung mehrere Muskeln stimuliert wurden (zusätzlich m. rectus femoris und m. soleus), können eventuell auch Interferenzen zwischen den Muskelgruppen in Form einer verminderten Koordination aufgetreten sein. Selkowitz (1985) stellte ebenfalls Steigerungen der isometrischen Maximalkraft von 44 % nach einem 4-wöchigen EMS-Training (12TE) in einer Gruppe von Sportstudenten fest. Die Unterschiede zu dieser Vergleichsstudie lagen im Ausgangsniveau der Probandengruppe (Sportstudenten ohne Periodisierung), der Trainingsfrequenz (höher), dem Untersuchungsverfahren (Beinstreckgerät bei 120°) und vor allem der EMS-Parametereinstellung (Impulsform: sinus, Intensität: bis 90 mA bzw. 91 % des MVC, Frequenz: 50 Hz, duty cycle: 7,8 % mit 10 s Belastung und 120 s Pause). Diese Unterschiede können für die unterschiedlichen Ergebnisse verantwortlich gemacht werden. Die Autoren dieser Vergleichsstudie fanden weiterhin keine geschlechtsspezifischen Unterschiede in den Anpassungsleistungen sowie Zusammenhänge zwischen den Leistungszuwächsen und der durch die EMS hervorgerufenen Kontraktionsintensität und Kontraktionsdauer (Miller & Thepaut-Mathieu, 1993). Auch sie verweisen auf die Bedeutung einer hohen und wöchentlich progressiv gestalteten Trainingsintensität im EMS-Training und die Fähigkeit der Probanden diese zu tolerieren (Delitto et al., 1989).

Auch Herrero et al. (2006) stellten signifikante Steigerungen der isometrischen Maximalkraft (16,3 %) nach einem 4-wöchigen Training mit der „EMS+Plyo“-Methode fest. Diese wurden von Vergrößerungen des Muskelquerschnittes (7,1 %) begleitet, was die hohen Leistungszuwächse z. T. erklärt. Da eine Vergleichsgruppe die ausschließlich mit der EMS-Methode trainierte, ebenfalls Steigerungen der Maximalkraft (9,1 %) und des Muskelquerschnittes (9,0 %) aufwies, kann geschlussfolgert werden, dass die Verbesserungen vorrangig auf dem für die Sportler neuen Trainingsreiz der EMS beruhen. Da die Sportler ein niedrigeres Niveau und eine höhere Trainingsdichte im Vergleich zur aktuellen Studie aufwiesen, kann dies dazu beigetragen haben, dass diese Sportler auf den Trainingsreiz reagierten, während die Leistungssportler in der aktuellen Studie keine Leistungsveränderungen zeigten. Außerdem können die bereits erwähnten verschiedenen EMS-Parametereinstellungen zu den Unterschieden beigetragen haben. Die Studie von Herrero et al. (2006) beleuchtet zudem einen weiteren interessanten Aspekt der Wirkung der spezifischen Trainingsreize. In der 2-wöchigen Phase nach dem Training zeigten die Sportler der EMS-Gruppe weitere Leistungssteigerungen im MVC, wohingegen die Sportler der Kombinationsgruppe Leistungsrückgänge verzeichneten. *Dies lässt die Schlussfolgerung zu, dass die Kombinationsmethode „EMS+Plyo“ einerseits schnell Anpassungen bzw. Leistungszuwächse hervorruft und andererseits diese Steigerungen nicht nachhaltig wirken bzw. erhaltende Trainingsreize notwendig sind.*

Auch Babault et al. (2007) konnten in einer „EMS+Plyo“-Trainingsgruppe (leistungssportliche Rugbyspieler) bereits nach sechs Wochen (18TE) konzentrische Maximalkraftsteigerungen feststellen. Dafür werden sowohl das Trainingsniveau, die Trainingsphase (Winterpause ohne vorherige Anpassungen an einen Mesozyklus „Maximalkraft“) als auch die EMS-Belastung verantwortlich gemacht (18TE, 100 Hz mit

Stimulation von m. gluteus maximus). In der aktuellen „EMS+Plyo“-Trainingsgruppe wurde der m. gluteus maximus nicht stimuliert. Im Gegensatz dazu kann die Leistungssteigerung der aktuellen „Kraft+Plyo“-Trainingsgruppe u. U. auch auf Anpassungen im Bereich der m. glutei zurückgeführt werden, die während der Kniebeuge mit Zusatzlast innerviert werden (Caterisano et al., 2002; Toumi et al., 2004).

Iwasaki et al. (2006) verglichen die Trainingsreize „Krafttraining“ und „EMS“ miteinander und fanden vergleichbare Maximalkraftsteigerungen (19-33 %) der zwei Trainingsgruppen nach einem 6-wöchigen Training. Diese Ergebnisse wurden allerdings mit einer Probandengruppe erreicht, die eher als inaktiv zu bezeichnen ist und damit nur bedingt für einen Vergleich herangezogen werden kann. Leistungssportler erreichen, wie in der vorliegenden Studie die „Kraft+Plyo“-Trainingsgruppe, i. d. R. nur 5-10 % an Leistungszuwachs in vergleichbaren Zeiträumen. Im Gegensatz zu dieser Studie (Leistungsrückgang der Trainingsgruppe „EMS+Plyo“) erreichte die EMS-Gruppe in der Studie von Iwasaki et al. (2006) signifikante Leistungssteigerungen. Dies kann neben dem verschiedenen Probandenstatus auf die unterschiedliche Art der EMS-Konfiguration zurückgeführt werden, da die Autoren ein als Hybridtraining bezeichnetes EMS-Design verwendeten. Dabei erfolgte die Stimulation des m. quadriceps femoris während der gleichzeitigen, willkürlichen Anspannung.

Ein Grund für das Ergebnis der „EMS+Plyo“-Trainingsgruppe kann außerdem im Bereich der eingesetzten Untersuchungsmethode liegen. Während der Testaufgabe „Entwicklung der isometrischen Maximalkraft“ saßen die Sportler in der Untersuchungsapparatur „Isomed 2000“, die dem Krafttrainingsgerät „Beinpresse“ ähnelt und hauptsächlich zur Kräftigung der kniestickehenden Muskulatur eingesetzt wird. Legt man zugrunde, dass die Leistungssteigerungen dieser Trainingsgruppe vorrangig im Bereich des DVZ des m. triceps surae erfolgte (vgl. DJ-Ergebnis), kann dies mit der durchgeführten Testaufgabe nur bedingt nachgewiesen werden. Die Sportler hatten die Aufgabe, aus einem Kniewinkel von 110° eine Beinstreckung durchzuführen. Damit ist der Einfluss der kniestickehenden Muskulatur offensichtlich, jedoch bleibt der prozentuale Beitrag des m. triceps surae spekulativ und eventuelle Maximalkraftsteigerungen dieser Muskelgruppe konnten nicht bzw. nur gering in das Messergebnis eingehen.

Sprint

In der aktuellen Studie erreichte die Trainingsgruppe „EMS+Plyo“ signifikante Leistungssteigerungen im Sprint seitwärts und geradeaus. Die „Kraft+Plyo“-Trainingsgruppe erreichte keine signifikanten Veränderungen ihrer Sprintleistungen.

Saez de Villarreal et al. (2013) objektivierten ebenfalls keine spezifischen Verbesserungen der Sprintleistung nach einem 7-wöchigen Komplextraining (Kraft+Plyo) mit Sportstudenten. In dieser Studie wurde kein spezielles Sprinttraining durchgeführt. Außerdem führten die Autoren das Ergebnis auf das Fehlen von horizontal beschleunigenden Übungen zurück. Dieses Ergebnis und die Folgerung finden in der Studie von Lyttle et al. (1996) eine Bestätigung. Die mangelnde Spezifik kann auch in der durchgeführten Studie als Ursache für fehlende Leistungssteigerungen im Sprint

herangezogen werden. Diesbezüglich verweist Young (2006) auf die Notwendigkeit von spezifischen, unilateralen und horizontal beschleunigenden Übungen mit Körpereigengewicht, um spezifische Verbesserungen der Sprintleistung zu erreichen. Herrero et al. (2010) bemerken in diesem Zusammenhang, dass im Gegensatz zum Vertikalsprung beim Sprint die Anforderungen an die intermuskuläre Koordination erhöht sind (Jacobs & Van Ingen Schenau, 1992) und dass Zusammenhänge zwischen Kraft- und Sprintleistung nicht signifikant sind (Cronin & Hansen, 2005).

Newton et al. (2002) stellten fest, dass plyometrisches Training kein effektiver Trainingsreiz für konzentrische Leistungsverbesserungen darstellt, auch dann nicht, wenn es in einer kombinierten Methode aus Kraft- und Plyometrietraining angewendet wird. Diesbezüglich fanden Juarez et al. (2009) gegensätzliche Ergebnisse. Sie ermittelten Leistungssteigerungen im Sprint zwischen 3-6 % im 20 m-Sprint mit 5 m-Intervallen. Sie führten diese Leistungssteigerungen vor allem auf den mittleren Trainingsstatus der Probandengruppe (Sportstudenten) sowie auf die Inklusion sprintspezifischer Übungen zurück. Die Autoren dieser Studie schlussfolgerten, dass die Kombinationsart einen geringen Einfluss auf die Leistungssteigerungen ausübt, da sie Verbesserungen sowohl in einer Gruppe feststellen, die mehrere Sätze Kraft- mit anschließendem Sprung- und Sprinttraining verbanden als auch in einer Gruppe, die die Einzelmethoden in zwei 4-wöchigen Mesozyklen nacheinander kombinierten.

Im Gegensatz zur aktuellen Studie wiesen Rahimi et al. (2006) sowie Rahimi und Dehpur (2005) signifikante Leistungssteigerungen in einem 15 s-Sprint auf dem Fahrradergometer bzw. auf einer 50-yard Sprintstrecke nach einem 6-wöchigen Komplextraining (Kraft+Plyo) nach. Auch Luebbers et al. (2003) stellten Leistungssteigerungen im Margaria-Staircase-Test nach einem plyometrischen Trainingsprogramm fest. Da diese Testbelastungen energetisch betrachtet unter vergleichbaren Stoffwechselbedingungen abliefen wie der 15 m-Sprint seitwärts in der aktuellen Studie, muss hinterfragt werden, warum Diskrepanzen in den Ergebnissen auftreten. Bezogen auf die Studien von Rahimi et al. (2006) sowie Rahimi und Dehpur (2005) liegen die Unterschiede zwischen den Studien vor allem im unterschiedlichen Probandenstatus (Sportstudenten vs. Leistungssportler), in der Reihenfolge der Zusammensetzung des Komplextrainings („Plyo+Kraft“ vs. „Kraft+Plyo“) und in der unterschiedlichen Belastungsintensität im Krafttraining (30-75 % vs. 85 %). Da die Probanden in den Studien von Rahimi et al. (2005, 2006) einen niedrigeren Trainingsstatus aufwiesen und die Sportler auch kein regelmäßiges Sprungtraining durchführten, ist davon auszugehen, dass dieser neue Trainingsreiz bereits zu verbesserten Sprintleistungen führte. Dies zeigte sich in einer Vergleichsgruppe, die ausschließlich plyometrisch trainierte und ebenfalls signifikante Verbesserungen aufwies. Da die Probanden der aktuellen Studie Leistungssportler der Sportart Volleyball waren, die regelmäßig ein Sprungtraining durchführen, kann angenommen werden, dass die plyometrische Trainingsmethode im Sinne einer „Abnutzung“ des Trainingsreizes keine bzw. kaum zu Leistungssteigerungen führte.

Andererseits fanden Lyttle et al. (1996) signifikante Steigerungen der anaeroben Leistung in einer „Kraft+Plyo“-Trainingsgruppe nach einem 6 s-Fahrradtest ohne Leistungssteigerungen im 20 m- bzw. 40 m-Sprint aber mit Leistungssteigerungen in

einem dynamischen Maximalkrafttest. Dies deutet darauf hin, dass je kürzer die getestete Belastungszeit ist, desto höher wird der Einfluss des Kraftpotentials gegenüber der Stoffwechselbedeutung. Somit ist auch in der aktuellen Studie von einer geringeren Beeinflussung des Sprintergebnisses von den Stoffwechselvorgängen auszugehen. Der geringe Transfer der Kraftsteigerungen der Trainingsgruppe „Kraft+Plyo“ in Sprintleistung ist mit den hohen Bewegungsgeschwindigkeiten und der hohen Bedeutung eines schnellen DVZ zu begründen, der durch diese Kombinationsform in der aktuellen Studie nicht ausreichend angesprochen wurde.

Ingle et al. (2006) stellten Leistungssteigerungen von 5,5 % (Durchschnittsleistung) im 30 s-Wingate-Anaerobic-Test nach einem 12-wöchigen Komplextraining (Kraft+Plyo) bei männlichen Kindern fest. Parallel wurden Verbesserungen von 3,2 % im 40 m-Sprint mit Richtungswechseln festgestellt. Im Vergleich zur hier vorgestellten Studie bestehen die Hauptunterschiede zu Ingle et al. (2006) im geringeren Probandenstatus, der geringeren Belastungsintensität im Krafttraining, einer höheren Übungsvielfalt sowohl im Kraft- als auch im Plyometrietaining und einem erhöhten Trainingsumfang (dreimal pro Woche, 12 Wochen). Bezogen auf die Stoffwechselbedingungen ist anzumerken, dass die diagnostizierten Leistungssteigerungen dieser Studien u. a. auf Basis eines verbesserten anaeroben Stoffwechsels stattfanden. Die Autoren verweisen auf beteiligte Mechanismen, wie einen erhöhten glykolytischen Umsatz, basierend auf einer erhöhten Enzymkonzentration von Phosphofruktokinase und Phosphorylase. Da in der aktuellen Studie keine spezifischen Tests durchgeführt wurden, kann keine Aussage zu möglichen Stoffwechseladaptationen gemacht werden. Zur Begründung der Leistungssteigerungen im Sprint in der Referenzstudie verweisen die Autoren auf die erhöhte Kraftproduktion, neuronale Adaptationen, wie beispielsweise eine erhöhte Entladungsrate der motorischen Einheiten und somit verbesserte Muskelaktivierung, Synchronisation, Rekrutierung und Koordination. Es wird zudem auf den verbesserten Transfer von Schnellkraft im DVZ verwiesen. Auch wenn in der Studie von Ingle et al. (2006) ebenfalls mit 2 Richtungsänderungen getestet wurde, bestehen Unterschiede in der Sprintstreckenlänge (40 m vs. 15 m) und somit in der Stoffwechselbeanspruchung. In der aktuellen Studie wurde die Sprintstrecke seitwärts mit der Fortbewegungstechnik „Sidesteps“ bzw. „tiefe Nachstellschritte“ durchgeführt. Diese Fortbewegungsart beansprucht andere Muskelgruppen (z. B. Adduktoren und Abduktoren) als der Vorwärtssprint, wodurch sich Unterschiede zwischen den Studienergebnissen ergeben können. Da in der aktuellen Studie keine spezifischen Kraft- oder plyometrische Übungen für diese Muskelgruppen durchgeführt wurden, ist das Ausbleiben von Leistungssteigerungen in diesem Test erklärbar. Die Unterschiede zwischen den Studien bezogen auf den Vorwärtssprint können sich u. a. aufgrund der Übungsart bzw. -vielfalt im plyometrischen Training oder auch der verwendeten Trainingslast im Krafttraining ergeben haben. Da Ingle et al. (2006) im Gegensatz zur hier beschriebenen Studie eine höhere Übungsvielfalt (u. a. Übungen für Rumpf- und Armmuskulatur sowie horizontal beschleunigende Übungen) verwendeten, können sich die unterschiedlichen Ergebnisse aufgrund einer veränderten Impulsübertragung bzw. Bewegungskoordination eingestellt haben. Auch die Verwendung der geringeren Trainingslast im Krafttraining kann zu einer er-

höhten Reizsetzung in Richtung Explosivität und entsprechenden Anpassungen geführt haben.

In der Studie von Maio-Alves et al. (2010) wurden in einer Gruppe von Leistungssportlern signifikante Leistungssteigerungen mit der Kombinationsmethode „Kraft+Plyo“ festgestellt. Im Gegensatz zur aktuellen Untersuchung absolvierten die Sportler dieser Referenzstudie im Vorfeld einen 2-wöchigen Mesozyklus, in dem die Trainingsübungen der folgenden Studie dreimal pro Woche mit je 3 x 12 Wiederholungen und 60 % des EWM trainiert wurden. Die Sportler der hier vorgestellten Untersuchung absolvierten im Vorfeld ein 4-wöchiges Maximalkrafttraining mit höheren Intensitäten (Zusatzlasten) und zeigten keine Leistungssteigerungen im Sprint. Ein weiterer Unterschied zwischen den Studien bestand darin, dass das Trainingsprogramm von Maio-Alves et al. (2010) spezifische Sprintübungen beinhaltete, die für die Leistungssteigerungen sprechen.

Da Wagner und Kocak (1997) signifikante Leistungssteigerungen im Sprint nach einem 6-wöchigen, plyometrischen Trainingsprogramm feststellten, ergibt sich die Schlussfolgerung, dass das durchgeführte plyometrische Training der aktuellen Studie evtl. nicht intensiv und/ oder umfangreich genug war. Andererseits ist es möglich, dass der plyometrische Reiz von den Wirkungsrichtungen des Krafttrainings mit Zusatzlast negativ beeinflusst wurde bzw. der Krafttrainingsreiz nicht spezifisch und wirkungsvoll genug war. Hinsichtlich der Ineffektivität des plyometrischen Trainings gibt es Studien, die eine Wirksamkeit des plyometrischen Trainings nachweisen konnten (Diallo, Dore, Duche & Van Praagh, 2001; Rimmer & Sleivert, 2000) aber auch die Ineffektivität bestätigten (Herrero et al., 2006). Herrero et al. (2006) führten die Ineffektivität darauf zurück, dass ein 2-maliges Training pro Woche über 4 Wochen (8TE) kein ausreichender Stimulus für die Auslösung spezifischer Adaptationen ist. Dies kann z. T. auch auf die aktuelle Studie zutreffen (10TE).

Die Unterschiede zwischen den Trainingsgruppen der aktuellen Studie beziehen sich einerseits auf die bereits genannten Faktoren (siehe DJ). Andererseits können sich Unterschiede aufgrund verschiedener Beanspruchungen des Stoffwechsels ergeben. Es wurde bereits erwähnt, dass sowohl die EMS als auch das plyometrische Training den anaeroben Stoffwechsel (alaktazid und laktazid) beanspruchen (Maffiuletti et al., 2002b). Da der Sprint-Test im Stoffwechselbereich indirekt die Fähigkeit ATP zu regenerieren wiedergibt, ist davon auszugehen, dass der EMS-Trainingsreiz im Vergleich zu den Kniebeugen mit Zusatzlast ein effektiverer Trainingsreiz ist (Rahimi & Dehpur, 2005). Dies wird durch Untersuchungen bestätigt, die eine höhere Stoffwechselbeanspruchung (z. B. ATP-Umsatz) der EMS im Vergleich zu willkürlichen Muskelkontraktionen bei gleichen Belastungen ausweisen (z. B. Ratkevicius et al., 1998).

In Übereinstimmung mit den signifikanten Verbesserungen der „EMS+Plyo“-Trainingsgruppe im Sprint der aktuellen Studie konnten Herrero et al. (2006) ebenfalls signifikante Leistungssteigerungen (-2,3 %) feststellen. In dieser Untersuchung wurden die Verbesserungen der Sprintleistung von Steigerungen der konzentrisch-dynamischen Schnellkraftleistung im SJ und der konzentrisch-exzentrischen Leistung

im langsamen DVZ (CMJ) begleitet, die auf Steigerungen der Maximalkraft und des Muskelquerschnittes beruhen. Da in der aktuellen Studie bis auf die konzentrisch-exzentrische Leistungssteigerung im CMJ keine derartigen Veränderungen festgestellt werden konnten und mögliche Maximalkraftsteigerungen des m. triceps surae nicht objektiviert wurden, beruhen die Ergebnisse der aktuellen Studie eventuell auf anderen Anpassungseffekten. Diese können, wie bereits angedeutet, vorrangig Veränderungen im schnellen DVZ der Wadenmuskulatur (DJ) betreffen. Da die Einzeltrainingsgruppen (EMS und Plyometrie) in der Studie von Herrero et al. (2006) keine Leistungsverbesserungen im Sprint offenbarten wird angenommen, dass gerade die Kombination und die Stimulation des m. triceps surae spezifische Anpassungseffekte hervorrief. Dabei kann der kraftsteigernde EMS-Trainingsreiz durch den plyometrischen Trainingsreiz und/ oder das regelmäßige Volleyballtraining in spezifische Schnellkraftverbesserungen im DVZ (Sprint und CMJ) vor allem im Bereich der Wadenmuskulatur überführt worden sein. Diese Aussage wird von den Ergebnissen der Studie von Brocherie et al. (2005) unterstützt. Sie stellten den Zusammenhang zwischen der Sprintleistung (Eislauf) und der konzentrischen Schnellkraft aufgrund paralleler Leistungssteigerungen fest. Maffiuletti et al. (2009) diagnostizierten Verbesserungen der 20 m-Sprintleistung mit Richtungsänderung von 3,3 %. Diese Autoren führten die Leistungssteigerungen hauptsächlich auf den EMS-Reiz zurück, da die Trainingseffekte anschließend zurückgingen und nicht durch ein sportartspezifisches Training erhalten werden konnten. Babault et al. (2007) stellten allerdings keine Leistungssteigerungen nach einem 12-wöchigem EMS-Training mit einer Gruppe von Leistungssportlern (Rugbyspieler) fest und machten dafür die Faktoren „mangelnde Trainingsspezifität (Technik/ Koordination)“ bzw. „Interferenz des EMS-Reizes mit der Sprintleistung“, „motivationale Aspekte“ und das „hohe Ausgangsniveau“ der Sportler verantwortlich.

Benito-Martinez et al. (2011) zeigten ebenfalls signifikante Leistungssteigerungen im 30 m-Sprint nach einem 8-wöchigen (16TE) „EMS+Plyo“-Training. In dieser Referenzstudie wurden keine signifikanten Leistungssteigerungen in einer mit der plyometrischen Einzelmethode trainierenden Gruppe festgestellt, wodurch von potenzierenden Effekten der EMS in der Kombinationsmethode bzw. der singulären EMS-Wirkung auszugehen ist. Die singuläre Wirkung wird dadurch gestützt, dass zwei weitere Vergleichsgruppen, die die EMS und die Plyometrie simultan bzw. in einer anderen Reihenfolge kombinierten, signifikant höhere Verbesserungen als die „EMS+Plyo“-Gruppe erreichten. In Bezug auf die zahlreichen EMS-Studien kann davon ausgegangen werden, dass sich die auf spezifische Adaptationen zurückgeführten Leistungssteigerungen am stärksten in den sportartspezifischen Tests niederschlagen. Da Benito-Martinez et al. (2011) mit Sprintern arbeiteten, wird angenommen, dass sich die trainingsbedingt veränderten neuromuskulären Strukturen und Prozesse verstärkt in der durch ständiges Training vervollkommneten intra- und intermuskulären Koordination des Sprintlaufes umsetzten. Diese Folgerung wird von den Ergebnissen von Maffiuletti et al. (2002b) gestützt.

Da in der aktuellen Studie die Diagnostiken der Muskelaktivität und des Muskelquerschnittes nicht durchgeführt werden konnten, sind Anpassungen in diesem Bereich

nicht auszuschließen. Mester et al. (2009) verglichen zahlreiche Kraft- und Schnellkraftmethoden im 4-wöchigen Training miteinander und stellten nach einem EMS-Training verbesserte Leistungen in einer dynamischen Kraftdiagnostik fest. Diese Leistungssteigerungen wurden vor allem aufgrund von verbesserten Geschwindigkeiten während der Bewegungsausführung erreicht. Es kann angenommen werden, dass gerade im Bereich der Wadenmuskulatur der EMS-Reiz zu diesbezüglichen Steigerungen geführt haben mag. Ruther et al. (1995) wiesen dementsprechende höhere Steigerungsraten des Muskelquerschnitts nach einem EMS-Training im Vergleich zum Krafttraining mit Zusatzlast nach. Des Weiteren zeigen zahlreiche Studien neuronale Adaptationen nach einer EMS, und zum anderen betonen diese, dass dieser Einfluss stärker als die Steigerung des Muskelquerschnittes sein mag (z. B. Maffiuletti et al., 2000). Zu diesen Anpassungen, die zur Verbesserung der Bewegungsgeschwindigkeit führen, weisen verschiedene Autoren auf den Prozess der Umkehrung des „Hennemanschen Rekrutierungsprinzips“ hin (z. B. Mester et al., 2009). Die Anpassungen sollen darin bestehen, dass FT-Fasern nach einem EMS-Training bevorzugt rekrutiert werden (Colson et al., 2000) und somit Leistungssteigerungen gerade bei schnellkräftigen Bewegungen plausibel werden. Bei willkürlichen Kontraktionen werden die FT-Fasern erst bei explosiv-schnellkräftigen Bewegungen zugeschaltet (Hollmann & Hettinger, 2000), wodurch submaximale statt maximale Rekrutierungsraten mit entsprechend geringeren Adaptationen nicht ausgeschlossen werden können. Diese Anpassungen können auch für die aktuelle Studie angenommen werden. Zu den möglichen Hintergründen der Leistungssteigerungen der EMS-Trainingsgruppe gehören neben einer veränderten Rekrutierung, ein verstärkter Dehnungsreflex bzw. eine verbesserte Ausnutzung oder Umsetzung von Reflexmechanismen (Rahimi & Dehpur, 2005) und mögliche Adaptationen von serien- und parallelelastischen Komponenten im Muskel-Sehnenkomplex (Martin et al., 1993). Dass neuronale Faktoren in höherem Ausmaß an den Adaptationen beteiligt sein sollen, begründen Martin et al. (1993) damit, dass die Elektrostimulation hauptsächlich die intramuskulären Nervenfasern erregt, da die Muskelfasern in geringerem Ausmaß erregbar sind (Hultman et al., 1983).

Eine weitere Ursache für die Leistungsverbesserungen der „EMS+Plyo“-Trainingsgruppe im muskulären Bereich könnte eine Veränderung bzw. Wandlung der Muskelfasertypen sein (Sanchez et al., 2005). So konnten Perez et al. (2002) signifikante Veränderung der Muskelfaserzusammensetzung mit Hilfe der Elektrophorese und MHC-basierten Muskelfaserklassifikation nach einem 6-wöchigen EMS-Training (30 min, dreimal pro Woche 45-60 Hz, Belastung 12 s vs. Erholung 8 s) feststellen. Diese Autoren stellten eine gleichzeitige, signifikante Abnahme der Isoformen MHC-IIx und MHC-I und eine signifikante Zunahme der Isoform MHC-IIa fest. Ähnliche Befunde konnten auch Andersen, Klitgaard und Saltin (1994) nach einem Sprinttraining feststellen.

4.6. Methodenkritik

Im Folgenden sollen einige Aspekte der angewendeten Untersuchungs- und Trainingsmethoden kritisch betrachtet werden. Dazu zählen die Anzahl von Probanden, das Untersuchungsdesign, die Bewegungsausführung während des SJ-Tests sowie das Design, die Inhalte und die Belastungsnormative der Trainingsprogramme.

Da die durchgeführte Studie im Anwendungsfeld Leistungssport (1. Bundesliga) erfolgte, konnte nur eine eingeschränkte Probandenanzahl gewonnen werden. Deshalb lassen sich aus den Ergebnissen nur tendenzielle Aussagen ableiten, die mit weiteren Untersuchungen abgesichert werden sollten. Zukünftige Studien müssen daher ein vergleichbares Untersuchungsdesign verwenden und weitere Vereine der ersten Bundesligen Damen und Herren beinhalten, um die Probandenzahl zu erhöhen und ggf. Kontrollgruppen zu bilden.

Das Untersuchungsdesign sollte zukünftig einen zweiten Posttest beinhalten, um verzögerte Trainingseffekte diagnostizieren zu können, der die Interpretation der Ergebnisse erleichtert. Außerdem ist in der Trainingsgruppe „EMS+Plyo“ ein satzweiser Wechsel der Belastungsformen zu empfehlen, um den Einfluss einer möglichen PAP in beiden Gruppen vergleichbar zu gestalten. Zudem ist es ratsam, weitere Parameter in die Tests bzw. Analysen zu integrieren, um genauere Schlussfolgerungen zu ermöglichen (z. B. RFD, kinematische Parameter, etc.). Diese Empfehlungen stehen im Hochleistungstraining jedoch unter trainingsperiodischen und trainingspraktischen Vorbehalten und sind wahrscheinlich nur in bestimmten Ausnahmefällen realisierbar. Kleingruppen- oder Einzelfallanalysen mit begrenzter Aussagekraft sind unter diesem Aspekt ernsthaft zu prüfen.

Aufgrund der fehlerhaften Ausführungen des SJ von einigen Athleten, die anschließend von der Auswertung ausgeschlossen werden mussten, ist es zukünftig empfehlenswert, weitere Trainingseinheiten zur Gewöhnung an diese Sprungtechnik durchzuführen. Diese Gewöhnungseinheiten sollten durch ein optisches Feedbackverfahren (z. B. Präsentation des Kraft-Zeit-Verlaufs) begleitet werden, damit die Sportler mangelhafte Ausführungen besser korrigieren können. Gerade Volleyballspieler haben einen hohen Automatisierungsgrad hinsichtlich der schnellen Umkehr der Bewegungsrichtung im DVZ, so dass ein Verharren am tiefsten Punkt und ein Einleiten der konzentrischen Bewegung ohne weitere Auftaktbewegung schwer fallen.

Für eine genauere Diagnostik im Bereich der isometrischen Maximalkraft sollten u. U. neben der durchgeführten Testaufgabe (Kniestreckung) zusätzlich die Testaufgabe „Plantarflexion“ mit gestreckten Kniegelenken durchgeführt werden. Somit können trainingsbedingte Kraftänderungen besser den Muskelanteilen zugeordnet werden, was zusätzlich der Analyse der komplexeren Sprungtestaufgaben zu Gute kommt. Außerdem ist es ratsam, diesen Test mit der Applikation von EMG, Muskelquerschnittsmessungen oder MRT zu koppeln, um genauere Aussagen zu spezifisch veränderten Muskelaktivierungen bzw. Muskelstrukturen und somit zu grundlegenden Ursachen treffen zu können.

Hinsichtlich der Inhalte und Belastungsnormative der Trainingsprogramme sollten einige Optimierungsmöglichkeiten geprüft werden. Dazu zählen z. B. eine spezifischere Position des Kniewinkels während des EMS-Trainings, die Integration von horizontal beschleunigenden Übungen für Verbesserungen der Sprintleistung bzw. des Anlaufes und eine erhöhte Trainingsfrequenz vor allem in der Probandengruppe „EMS+Plyo“. Weitere Verbesserungen können eine erhöhte Sprunganzahl im plyometrischen Training beider Gruppen, eine erhöhte Stimulationszeit/ Intensität während der EMS und die Erhöhung der Reizintensität auf die Wadenmuskulatur betreffen. Um einen erhöhten Transfer für die schnellkräftigen Testübungen zu erlangen, kann die Reduktion des Zusatzgewichtes und die Erhöhung der Ausführungsgeschwindigkeit der Kraftübungen in der Trainingsgruppe „Kraft+Plyo“ vorgenommen werden. Der Einsatz der Trainingsübung „Wadenheben“ mit Zusatzlast in der Trainingsgruppe „Kraft+Plyo“ ist kritisch zu hinterfragen, da keine leistungssteigernden Effekte in den Testübungen mit erhöhten Anforderungen an die Wadenmuskulatur festgestellt werden konnten (z. B. DJ und Sprint). Demzufolge ist genauer zu überprüfen, ob Kraft- bzw. Schnellkraftzuwächse in diesem Bereich vorlagen. Dazu wäre eine isolierte Diagnostik der Wadenmuskulatur notwendig. Weiterhin ist zu hinterfragen, ob das plyometrische Training genügend Trainingsinhalte mit Beanspruchung dieser Muskulatur beinhaltet, um eventuelle Kraftsteigerungen in Sprungleistung zu transferieren. Falls durch diese Methodenkombination keine Effekte im Bereich der Wadenmuskulatur zu erreichen sind, wäre die Bewegungsausführung hinsichtlich einer schnelligkeitsorientierten, explosiv-ballistischen Gestaltung zu prüfen, oder die Übung „Wadenheben“ aus ökonomischen Gründen aus dem Trainingsprogramm zu entfernen.

Die vorliegenden Ergebnisse wurden mit einem spezifischen Studiendesign und einer spezifischen Probandengruppe erreicht und bedürfen weiterer Absicherung durch Folgestudien mit Leistungssportlern und vergleichbaren Designs. Des Weiteren ist darauf hinzuweisen, dass eine Vielzahl von Faktoren, wie beispielsweise psychologische Aspekte (Motivation, Schmerzverarbeitung,...) oder die Ausführungsqualität der Einzelbewegung im sportartspezifischen Training einen Einfluss auf die Ergebnisse haben und Standardisierungen in diesen Bereichen nicht vollständig erreicht werden können.

4.7. Trainingswissenschaftliche Folgerungen und Ausblick

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das Training mit einer der Methodenkombinationen „EMS+Plyo“ oder „Kraft+Plyo“ zu spezifischen Verbesserungen in verschiedenen Kraft- und Schnellkraftparametern führt. Dabei sind beide Kombinationsformen zeitökonomische Verfahren zur Schnellkraftsteigerung in der Vorbereitungsperiode von Leistungssportlern im Volleyball, da signifikante Leistungssteigerungen bereits nach 10 Trainingseinheiten (5 Wochen) auftraten. Da die Kombinationsmethoden im Anwendungsfeld „Leistungssport“ praktiziert werden und somit in Periodisierungsmodellen mit unterschiedlicher Dauer von Mesozyklen eingebettet sind, sollten weitere Studien zur Optimaldauer einer Trainingsphase mit den Kom-

binationsmethoden durchgeführt werden (Fröhlich et al., 2012). Diesbezüglich zeigten Buranarugsa, Oliveira und Maia (2012), dass ein 2-wöchiges Training mit einer Gruppe männlicher Jugendlicher und einer Kombinationsmethode (Kraft+Plyo) ein zu kurzer Trainingszeitraum ist, um spezifische Adaptationen auszulösen. Es ist davon auszugehen, dass bei trainierten Sportlern im Hochleistungstraining eine längere und dichtere Reizsetzung erforderlich ist. Toumi et al. (2004) fanden ausschließlich Verbesserungen der maximalen isometrischen Kraft bei leistungssportlichen Handballspielern als erste Adaptationsfolge nach einem 3-wöchigen Training mit dieser Kombinationsmethode. Verbesserungen in diversen anderen Leistungstests stellten sich erst nach einem 6-wöchigen Training ein.

Wie in zahlreichen Vergleichsstudien wird eine progressive Intensitätssteigerung für beide Methodenkombinationen empfohlen, um einen effektiven Trainingsreiz über den gesamten Trainingszeitraum bereitzustellen. Weiterhin kann gefolgert werden, dass die „EMS+Plyo“-Trainingsgruppe Leistungssteigerungen in Testbewegungen mit DVZ und hohen Kontraktionsgeschwindigkeiten erreichte, während die „Kraft+Plyo“-Trainingsgruppe Leistungssteigerungen in der konzentrisch bis isometrischen Bewegungsausführung und im langsamen DVZ aufwies. Dass Leistungssteigerungen durch einen EMS-Reiz eher über die Geschwindigkeitskomponente und Verbesserungen durch einen Kraftreiz meist über die Kraftkomponente erzielt werden, konnte bereits in anderen Studien nachgewiesen werden (Colson et al., 2000; Maffiuletti et al., 2000; Mester et al., 2009).

Verschiedene Untersuchungen (z. B. Brocherie et al., 2005; Pichon et al., 1995) zeigten weiterhin die Erzeugung dynamischer Kraftgewinne in exzentrischen und konzentrisch-explosiven Bewegungsphasen durch ein EMS-Training. Diese Autoren führten ihre Ergebnisse vor allem auf spezifische und vorrangig nervale Adaptationen der FT-Muskelfasern zurück. Diese werden einerseits im EMS-Training bevorzugt stimuliert (Enoka, 1988; Feiereisen et al., 1997), da sich im Vergleich zur Willküraktivierung (Henneman's size principle) ein verändertes Rekrutierungsmuster ergibt (De litto et al., 1989). Andererseits werden sie während willkürlicher, exzentrischer und konzentrisch-explosiver Bewegungsphasen vorrangig aktiviert (Thorstensson et al., 1976) und tragen somit zu Leistungssteigerungen bei. Maffiuletti et al. (2002b) und Brocherie et al. (2005) verweisen in diesem Zusammenhang auf EMS-bedingte Erhöhungen von Nervenimpulsen aus supraspinalen Gehirnregionen, die das Kraftdefizit zur Absolutkraft reduzieren und in einer erhöhten Anzahl rekrutierter Muskelfasern münden. Diese möglichen Ursachen können auch für die Ergebnisse der „EMS+Plyo“-Gruppe der aktuellen Untersuchung angenommen werden.

Die Leistungssteigerungen der „Kraft+Plyo“-Trainingsgruppe werden entsprechend der Leistungssteigerungen im SJ und in der isometrischen Maximalkraft auf neuromuskuläre Adaptationen zurückgeführt, die unter anderem im Bereich der slow-twitch-Muskelfasern zu verorten sind (Van Ingen Schenau, Bobbert & De Haan, 1997). Die verbesserte Fähigkeit der konzentrischen Schnellkraftentwicklung und isometrischen Maximalkraftverbesserung bezieht sich dabei vorrangig auf den Wirkungsbereich des m. quadriceps femoris.

Die Wirkung des plyometrischen Trainings als Bestandteil der beiden Komplexmethoden wird in der spezifischen Probandengruppe (leistungssportliche Volleyballer) als gering eingeschätzt, da die Sportler durch ihr tägliches sportartspezifisches Training permanenten plyometrischen Trainingsreizen ausgesetzt sind. Dies kann zu einer „Abstumpfung“ gegenüber dieser Trainingsbelastung führen. Allerdings zeigten Brocherie et al. (2005) und Herrero et al. (2010) in ihren Studien, dass ein EMS-Training ohne plyometrische Übungen in Leistungsrückgängen von SJ, CMJ und DJ münden können. Im Gegensatz dazu diagnostizierten Maffiuletti et al. (2000) signifikante Erhöhungen verschiedener Sprungfertigkeiten durch ein EMS-Training ohne Plyometrie bei trainierenden Volleyballern. Daher ergeben sich weitere interessante Fragestellungen wie: Ist die Trainingswirkung der Kombinationsmethode „EMS+Plyo“ im Vergleich zur Einzemethode (EMS) in Sportarten mit sprungspezifischem Anforderungsprofil im Sinne eines schnelleren Transfers beschleunigt? Besitzt das plyometrische Training überhaupt einen Mehrwert in diesen Sportarten und der Probandengruppe „Leistungssportler“. Denkbar ist diesbezüglich eine Abhängigkeit vom verfügbaren Gesamttrainingsumfang und dem Trainingszustand der Sportler, so dass Kombinationsmethoden bei weniger Trainingsumfang und geringerer Trainiertheit an Bedeutung gewinnen.

Da die Kombinationsmethoden in der aktuellen Studie nach einem Mesozyklus mit dem Trainingsschwerpunkt „Maximalkraft“ angewendet wurden, sind weitere trainingsbedingte Steigerungen der Maximalkraft mit dieser Periodisierung vermutlich gemildert worden. Somit ergibt sich die weiterführende Frage: Lassen sich die zwei Mesozyklen mit den Hauptzielstellungen „Maximalkraft“ und „Überführung in spezifische Schnellkraft“ zukünftig zusammenführen, um somit eine Ökonomisierung der Vorbereitungsperiode im Leistungsvolleyball zu erreichen?

Die erzielten Steigerungen der Sprunghöhe durch die Methodenkombinationen wurden in spezifischen Untersuchungssituationen diagnostiziert (z. B. bestimmte Pausenzeiten zwischen den Tests bzw. Sprüngen, Reihenfolge, etc.). Diese Situationsvariablen haben aufgrund ablaufender physiologischer Prozesse Einfluss auf das Ergebnis. In einem nächsten Schritt wäre zu prüfen, ob die festgestellten Leistungssteigerungen auch unter wettkampfspezifischen Anforderungen zu bestätigen sind. Diesbezüglich verweisen Chamari et al. (2001) auf die Anforderung von 6 Sprüngen mit 20 s Pausenzeiten, wenn Volleyballspieler auf den Vorderpositionen des Feldes agieren.

Insbesondere die kombinierte Trainingsmethode „EMS+Plyo“ stellt eine effektive Trainingsmethode zur Verbesserung der Schnellkraftfähigkeiten der unteren Extremitäten im DVZ bei Leistungssportlern dar. Dabei scheint gerade die Verbindung aus dem EMS-Reiz, welcher als neuer und unbekannter Stimulus den Leistungssportlern zu spezifischen, neuromuskulären Anpassungen verhilft, und dem anschließenden plyometrischen Training, welches den Transfer im Sinne einer spezifischen Muskelkoordination herstellt, wirksam zu sein. Da diese Methode im Vergleich zur Trainingsmethode „Kraft+Plyo“ „breitere“ Wirkungen (signifikante Steigerungen in mehreren Tests) zeigte, scheinen zusätzliche Untersuchungen zur Optimierung dieser Methode angebracht. Vor dem Hintergrund intermuskulärer Koordinationsprozesse

spielt dabei die interessante Fragestellung nach der effektivsten Kombination stimulierter Muskeln (Agonisten und Antagonisten) in Bezug auf spezifische Leistungssteigerungen eine vordergründige Rolle. Des Weiteren werden Studien zu Auswirkungen der Variation von Stimulationsparametern und zum wiederholten Wechsel von EMS und Plyometrie benötigt. Ein zweiter Posttest kann dafür sorgen, verzögerte Trainingseffekte ausfindig zu machen und die Nachwirkungszeit im Sinne einer effektiven Periodisierung festzustellen. Ebenso sollte die von Malatesta et al. (2003) vorgestellte Variante der EMS unter angespannter Muskulatur in einer Kombinationsmethode eingebettet und hinsichtlich der Wirksamkeit überprüft werden (Herrero et al., 2010).

Unter Beachtung der spezifischen Wirkungsrichtungen der Methodenbestandteile des „Kraft+Plyo“-Trainings wird trainingsmethodisch empfohlen, die Übung „Kniebeuge“ mit Zusatzlast zur Erzeugung eines konzentrischen bzw. isometrischen Kraftgewinns zu nutzen (vgl. Testübungen SJ und statische Maximalkraft). Weiterhin ist es sinnvoll, in Kombination das plyometrische Training zur direkten Umsetzung der Kraftgewinne in sportartspezifische Leistungen im DVZ anzuwenden (vgl. Testübungen CMJ und Reichhöhe mit Anlauf). Das kann z. B. mit Zusatzlasten (Westen) und im Sinne des Konstrasttrainings variationsreich umgesetzt werden. Optimierungsmöglichkeiten in Bezug auf die Trainingsmethode „Kraft+Plyo“ betreffen weitere Untersuchungen zu den effektivsten Übungspaarungen im Sinne eines Komplexpaares. Zudem sollte die Weiterentwicklung dieser Trainingsmethodik durch das kritische Gegenüberstellen kontrastierender Belastungsparameter, wie z. B. verschiedene Höhen des Zusatzgewichts erfolgen, um die spezifischen Wirkungsrichtungen einzelner Methodenbestandteile/ Belastungsparameter in der Probandengruppe (Leistungssportler) deutlicher herauszufiltern. Es wird außerdem ein Vergleich der Kombinationsmethoden „Kraft+Plyo“ und „Plyo+Kraft“ empfohlen, um die verschiedenen Ergebnisse der Literatur und der aktuellen Studie besser einordnen zu können. Dies schließt neben den Reihenfolgeeffekten der beiden Blöcke eine variierende Anzahl von Sätzen und unterschiedliche Pausenzeiten ein.

Da spezifische Verbesserungen in beiden Trainingsgruppen ermittelt werden konnten, sind u. U. kreative Weiterentwicklungen der Trainingsmethodik zu empfehlen. So könnte beispielsweise die Zusammenführung beider Kombinationen dazu führen, dass sich die Verbesserungen im DVZ des m. triceps surae der „EMS+Plyo“-Trainingsgruppe mit den konzentrischen und isometrischen Kraftgewinnen der „Kraft+Plyo“-Trainingsgruppe potenzieren. Außerdem eröffnen zahlreiche Kombinationsmöglichkeiten aus EMS und verschiedenen Krafttrainingsformen (Hypertrophie-, IK-, Schnellkraftmethoden) interessante Forschungsfelder, die wiederum in unterschiedlichen Kombinationsformen, z. B. in einer TE mit differierenden Reihenfolgemöglichkeiten oder zeitgleich angewendet werden können. Außerdem müssen die grundlegenden physiologischen Mechanismen weiter erforscht werden, um genauere Kausalattributionen durchführen zu können. Weiterhin können Eingangstests zur Bestimmung möglicher Trainingsmittel und zu erwartender Trainingseffekte herangezogen werden, wodurch eine stärkere Individualisierung in bestimmten Trainingsbereichen auch in den Mannschaftssportarten ermöglicht wird.

Da die Ergebnisse für eine Probandengruppe mit hohem Trainingsniveau und nach einer Phase des Maximalkrafttrainings ermittelt wurden, ist darauf hinzuweisen, dass die Empfehlung des Einsatzes der untersuchten Methodenkombinationen sowohl eine Periodisierung bedingt als auch auf Leistungssportler einzugrenzen ist. Aufgrund der spezifischen Wirkungen („EMS+Plyo“ v. a. in der exzentrischen Phase des DVZ und „Kraft+Plyo“ in der konzentrischen Phase) sollten Funktionsweisen und Anforderungscharakteristika der trainierten Muskeln bei der periodisierten Planung von Trainingsprozessen eine Berücksichtigung finden. Dabei kann eine individuelle Diagnostik der Leistungssportler dazu beitragen, spezifische Leistungsreserven aufzudecken, um diese im Nachgang anzusteuern. Die Diagnostik muss, wie in der durchgeführten Studie, die verschiedenen Sprungfertigkeiten beinhalten, da diese im Volleyball angewendet werden und die untersuchten Kombinationsmethoden zu unterschiedlichen Wirkungen führen. Diesbezüglich kann ein Wechsel der eingesetzten Methoden bei diagnostizierten Stagnationen der Leistungsentwicklung empfohlen werden.

5. Zusammenfassung

Der Leistungssport unterliegt einer zunehmenden Professionalisierung, in deren Folge eine Weiterentwicklung der bestehenden Trainingsmethoden dringend notwendig ist, um den steigenden Ansprüchen zu genügen. In diesem Zusammenhang wurden in der vorliegenden Arbeit sowohl akute Belastungsreaktionen als auch periodisch eingesetzte Belastungsmethoden bezüglich ihrer Wirkungen auf ausgewählte Schnellkraftparameter untersucht.

Zur Prüfung methodischer Alternativen für das Schnellkrafttraining wurden zunächst theoretische Hintergründe der Schnellkraftfähigkeiten betrachtet. Dementsprechend wurden Ermüdungs- und Potenzierungsprozesse als ausgewählte Reaktionen in Folge akuter Belastungen thematisiert und verschiedene Trainingsmethoden zur Steigerung der Schnellkraft gegenübergestellt. Zudem erfolgte eine Problemeingrenzung in Bezug auf kombinierte Trainingsmethoden sowie den Belastungsfaktor „Pausenzeit“.

Der Hauptteil dieser Arbeit umfasste zwei Studien. Mit diesen Untersuchungen sollte herausgefunden werden,

1. ob und wann eine optimale Pausenzeit zwischen einer Vorbelastung (Kniebeuge mit 87 % des Einerwiederholungsmaximums) und möglichen Leistungssteigerungen im vertikalen Sprung (Counter-Movement-Jump) ermittelbar ist.
2. Da wiederholt wirkende Belastungsreize in Trainingsadaptationen münden, wurde eine mehrwöchige Trainingsstudie durchgeführt, um die Frage nach dem Auftreten und der Höhe von Schnellkraftsteigerungen im Vergleich zweier kombinierter Trainingsmethoden zu beantworten.

In der ersten Studie wurde die Leistungsfähigkeit von elf Sportstudenten mittels dynamographischer und elektromyographischer Verfahren untersucht. Dazu wurden unterschiedliche Parameter in Abhängigkeit verschiedener Pausenzeiten (10 s, 1 min, 2 min, 3 min, 4 min und 5 min) analysiert. Die Ergebnisse belegen signifikante Erhöhungen der Parameter „Sprunghöhe“ und „Durchschnittskraft in der zweiten exzentrischen Phase“ nach einer Pausenzeit von 1 min im Sinne leistungssteigernder Potenzierungseffekte. Außerdem wurden Rückgänge der Parameter „Durchschnittsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Phase“, „Maximalleistung“ und „Zeit bis zur maximalen Aktivität des m. biceps femoris“ sowie eine Steigerung des Parameters „prozentualer Anteil des m. rectus femoris an der Gesamtaktivität des m. quadriceps femoris“ nach einer Pausenzeit von 10 s im Sinne leistungsmindernder Ermüdungswirkungen festgestellt. Es wird angenommen, dass die potenzierungsbedingten Leistungssteigerungen auf einer verbesserten Speicherung und Freigabe der elastischen Energie bzw. BeinstEIFigkeit im DVZ beruhen. Diese Prozesse liegen in einer erhöhten Phosphorylierung der leichten Myosinketten und verstärkten Erregbarkeit des Nervensystems begründet. Die ermüdungsbedingten Leistungsminde-rungen werden auf eine divergente Aktivierung der Agonisten und eine zeitlich ver-änderte Ansteuerung der Antagonisten zurückgeführt, die gemeinsam eine subopti-male Sprungkoordination ergeben. Deshalb wird für das Komplextraining in einer

trainierten Probandengruppe eine Pausenzeit von 1 Minute zwischen der Kraftübung „Kniebeuge“ und der Ausführung plyometrischer Übungen (z. B. CMJ) empfohlen.

Um die Wirkungen von unterschiedlich gestaltetem Schnellkrafttraining im Leistungssport zu untersuchen, wurden in einer mehrwöchigen Trainingsstudie mit Volleyballspielern zwei Methodenkombinationen gegenübergestellt. Diese beinhalteten erstens die Kombination aus Kraft- und Plyometrietaining und zweitens die Elektrostimulation in Verbindung mit einem Plyometrietaining. Die Kombination erfolgte jeweils innerhalb einer Trainingseinheit. An der 5-wöchigen Studie nahmen 16 Probanden aus zwei Volleyballmannschaften der ersten Bundesliga teil. Es wurden dynamische Sprungkrafttests, eine statische Kraftdiagnostik sowie Sprinttests im Pre-Post-Design durchgeführt. Im Vergleich der beiden Methodenkombinationen zeigten sich Leistungsverbesserungen im Counter-Movement-Jump, Drop-Jump, Reichhöhen sprung mit Anlauf und im Sprint nach der Kombinationsmethode „EMS+Plyo“. Nach der Trainingsmethode „Kraft+Plyo“ wurden signifikante Verbesserungen in den Testverfahren Squat-Jump und Reichhöhen sprung mit Anlauf ermittelt. Die Verbesserungen der Kombinationsmethode aus EMS- und plyometrischen Training liegen vermutlich in der Neuartigkeit des Belastungsreizes der Elektrostimulation und in Adaptationen begründet, die die exzentrischen Bewegungsphasen während schnellkräftiger zyklischer und azyklischer Bewegungen betreffen. Die Leistungssteigerungen infolge des Kraft- und Plyometrietrainings werden auf eine verbesserte konzentrisch-dynamische Maximalkraft auf Basis verbesserter Rekrutierung und Synchronisation zurückgeführt. Demzufolge wird der spezifische und periodische Einsatz beider Trainingsmethoden im Leistungssport Volleyball empfohlen.

Anhand der vorgestellten Studienergebnisse und der diskutierten Literatur wird die „EMS+Plyo“ Trainingsmethode empfohlen, um Steigerungen von Schnellkraftleistungen mit DVZ der unteren Extremitäten zu erreichen, und die „Kraft+Plyo“-Methode, um Verbesserungen der Maximal- und Schnellkraftleistungen ohne und mit DVZ zu erlangen. Hierbei können beide Methodenkombinationen als zeitsparende Alternativen in Periodisierungsmodellen des Leistungssportes eingesetzt werden, um in bestimmten Trainingsphasen mehr Zeit für die Ansteuerung anderer leistungsbestimmender Faktoren (z. B. Fertigniveaus, Spieltaktik) zur Verfügung zu haben. In der aktuellen Studie wurden in einer Probandengruppe von volleyballspielenden Leistungssportlern erstmals diese beiden spezifischen Methodenkombinationen in dieser Form miteinander verglichen und führten zu den beschriebenen spezifischen Wirkungen. Aufgrund der Diskussion der aktuellen Ergebnisse mit anderen Studien wird angenommen, dass spezifische neuromuskuläre Anpassungen stattfanden, die weiterhin erforscht werden müssen, um genauere Reizwirkungsmechanismen analysieren zu können.

6. Literaturverzeichnis

- Adams, K., O'Shea, J.P., O'Shea, K.L. & Climstein, M. (1992). The effect of six weeks of squat, plyometric, and squat-plyometric training on power production. *Journal of Applied Sport Science Research*, 6(1), 36-41.
- Ahtiainen, J.P., Pakarinen, A., Alen, M., Kraemer, W.J. & Hakkinen, K. (2003). Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men. *European Journal of Applied Physiology*, 89(6), 555-563.
- Allen, D.G., Lannergren, J. & Westerblad, H. (1995). Muscle cell function during prolonged activity: cellular mechanisms of fatigue. *Experimental Physiology*, 80(4), 497-527.
- Alway, S.E., Hughson, R.L., Green, H.J., Patla, A.E. & Frank, J.S. (1987). Twitch potentiation after fatiguing exercise in man. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 56(4), 461-466.
- Andersen, J.L., Klitgaard, H. & Saltin, B. (1994). Myosin heavy chain isoforms in single fibres from m. vastus lateralis of sprinters: influence of training. *Acta Physiologica Scandinavica*, 151(2), 135-142.
- Arabatzis, F., Kellis, E. & Saez-Saez De Villarreal, E. (2010). Vertical jump biomechanics after plyometric, weight lifting, and combined (weight lifting plus plyometric) training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(9), 2440-2448.
- Aragon-Vargas, L.F. & Gross, M.M. (1997). Kinesiological factors in vertical jump performance: differences among individuals. *Journal of Applied Biomechanics*, 13(1), 24-44.
- Babault, N., Cometti, G., Bernardin, M., Pousson, M. & Chatard, J.C. (2007). Effects of electromyostimulation training on muscle strength and power of elite rugby players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 431-437.
- Babault, N., Desbrosses, K., Fabre, M.S., Michaut, A. & Pousson, M. (2006). Neuromuscular fatigue development during maximal concentric and isometric knee extensions. *Journal of Applied Physiology*, 100(3), 780-785.
- Babault, N., Maffiuletti, N.A. & Pousson, M. (2008). Postactivation potentiation in human knee extensors during dynamic passive movements. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(4), 735-743.
- Baechele, T.R., Earle, R.W. & Wathen, D. (2000). Resistance training. In: T.R. Beachle & R.W. Earle (Hrsg.), *Essentials of strength training and conditioning* (S. 395-425). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Baker, D. (2001). A series of studies on the training of high-intensity muscle power in rugby league football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(2), 198-209.
- Baker, D. (2003). Acute effect of alternating heavy and light resistances on power output during upper-body complex power training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(3), 493-497.
- Baker, D. & Newton, R.U. (2005). Acute effect on power output of alternating an agonist and antagonist muscle exercise during complex training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 202-205.
- Banister, E.W., Calvert, I.W., Savage, M.V. & Bach, I.M. (1975). A system model of training for athletic performance. *Australian Journal of Sports Medicine*, 7(3), 57-61.

- Baudry, S. & Duchateau, J. (2004). Postactivation potentiation in human muscle is not related to the type of maximal conditioning contraction. *Muscle and Nerve*, 30(3), 328-336.
- Bax, L., Staes, F. & Verhagen, A. (2005). Does neuromuscular electrical stimulation strengthen the quadriceps femoris? A systematic review of randomised controlled trials. *Sports Medicine*, 35(3), 191-212.
- Behm, D.G. & Sale, D.G. (1993). Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response. *Journal of Applied Physiology*, 74(1), 359-368.
- Benito-Martinez, E., Lara-Sanchez, A.J., Berdejo-Del Fresno, D. & Martinez-Lopez, E.J. (2011). Effects of combined electrostimulation and plyometric training on vertical jump and speed tests. *Journal of Human Sport and Exercise*, 6(4), 603-615.
- Bircan, C., Senocak, O., Peker, O., Kaya, A., Tamci, S.A., Gulbahar, S., et al. (2002). Efficacy of two forms of electrical stimulation in increasing quadriceps strength: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 16(2), 194-199.
- Bobbert, M.F. & Van Soest, A.J. (1994). Effects of muscle strengthening on vertical jump height: a simulation study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26(8), 1012-1020.
- Bortz, J. & Schuster, C. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler: mit 163 Tabellen* (7., vollst. überarb. und erw. Aufl.). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Bosco, C., Luhtanen, P. & Komi, P.V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 50(2), 273-282.
- Bosco, C., Tarkka, I. & Komi, P.V. (1982). Effect of elastic energy and myoelectrical potentiation of triceps surae during stretch-shortening cycle exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 3(3), 137-140.
- Bottaro, M., Ernesto, C., Celes, R., Farinatti, P.T., Brown, L.E. & Oliveira, R.J. (2010). Effects of age and rest interval on strength recovery. *International Journal of Sports Medicine*, 31(1), 22-25.
- Brocherie, F., Babault, N., Cometti, G., Maffiuletti, N. & Chatard, J.C. (2005). Electrostimulation training effects on the physical performance of ice hockey players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(3), 455-460.
- Büch, M.P. (2001). Vorwort. In: H. A. Thorhauer, K. Carl & U. Türrck-Noack (Hrsg.), *Muskel-Ermüdung: Forschungsansätze in der Trainingswissenschaft* (1. Aufl.). Köln: Sport und Buch Strauss.
- Bühl, A. (2008). *SPSS 16: Einführung in die moderne Datenanalyse* (11., überarb. und erw. Aufl.). München [u. a.]: Pearson Studium.
- Bührlé, M. (1985). Dimensionen des Kraftverhaltens und ihre spezifischen Trainingsmethoden. In M. Bührlé (Hrsg.), *Grundlagen des Maximal- und Schnellkrafttrainings* (Band 56, S. 82-107). Schorndorf: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.
- Bührlé, M. (1989). Maximalkraft-Schnellkraft-Reaktivkraft. *Sportwissenschaft*, 19, 311-326.
- Buranarugsa, R., Oliveira, J. & Maia, J. (2012). Importance of pilot study and data quality control in designing complex training programs for young athletes. *The Open Sport Sciences Journal*, (5), 154-160.
- Burke, D.G., Pelham, T.W. & Holt, L.E. (1999). The influence of varied resistance and speed of concentric antagonistic contractions on subsequent concentric agonistic efforts. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13(3), 193-197.

- Burkett, L.N., Phillips, W.T. & Ziuraitis, J. (2005). The best warm-up for the vertical jump in college-age athletic men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(3), 673-676.
- Cabric, M., Appell, H.J. & Resic, A. (1987). Effects of electrical stimulation of different frequencies on the myonuclei and fiber size in human muscle. *International Journal of Sports Medicine*, 8(5), 323-326.
- Carl, K. (1995). *Krafttraining in der sportwissenschaftlichen Forschung : Dokumentation eines vom BISp durchgeführten Workshops* (Um einzelne Referate und Diskussionsergebnisse erw. Aufl. des Ergebnisbd. von 1992, 1. Aufl.). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Caterisano, A., Moss, R.F., Pellingier, T.K., Woodruff, K., Lewis, V.C. & Booth, W. (2002). The effect of back squat depth on the EMG activity of 4 superficial hip and thigh muscles. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(3), 428-432.
- Cavagna, G.A. (1977). Storage and utilization of elastic energy in skeletal muscle. *Exercise Sport Sciences Reviews*, (5), 89-129.
- Chamari, K., Ahmaidi, S., Blum, J.Y., Hue, O., Temfemo, A. & Hertogh, C. (2001). Venous blood lactate increase after vertical jumping in volleyball athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 85(1-2), 191-194.
- Chaouachi, A., Haddad, M., Castagna, C., Wong del, P., Kaouech, F. & Chamari, K. (2011). Potentiation and recovery following low- and high-speed isokinetic contractions in boys. *Pediatric Exercise Science*, 23(1), 136-150.
- Chimera, N.J., Swanik, K.A., Swanik, C.B. & Straub, S.J. (2004). Effects of Plyometric Training on Muscle-Activation Strategies and Performance in Female Athletes. *Journal of Athletic Training*, 39(1), 24-31.
- Chiu, L.Z. & Barnes, J.L. (2003). The fitness-fatigue model revisited - implications for planning short- and long-term training. *Strength and Conditioning Journal*, (25), 42-51.
- Chiu, L.Z., Fry, A.C., Schilling, B.K., Johnson, E.J. & Weiss, L.W. (2004). Neuromuscular fatigue and potentiation following two successive high intensity resistance exercise sessions. *European Journal of Applied Physiology*, 92(4-5), 385-392.
- Chiu, L.Z., Fry, A.C., Weiss, L.W., Schilling, B.K., Brown, L.E. & Smith, S.L. (2003). Postactivation potentiation response in athletic and recreationally trained individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 671-677.
- Chu, D. (1983). Plyometrics: The link between strength and speed. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 5(2), 20-21.
- Clark, R.A., Bryant, A.L. & Reaburn, P. (2006). The acute effects of a single set of contrast preloading on a loaded countermovement jump training session. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(1), 162-166.
- Clutch, D., Wilton, M., McGown, C. & Bryce, R. (1983). The effects of depth jumps and weight training on leg strength and vertical jump. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 54(1), 5-10.
- Colson, S., Martin, A. & Van Hoecke, J. (2000). Re-examination of training effects by electrostimulation in the human elbow musculoskeletal system. *International Journal of Sports Medicine*, 21(4), 281-288.
- Comyns, T.M., Harrison, A.J. & Hennessy, L. (2005). The effect of back squat resistive loads on the biomechanical performance of drop jumps in male rugby players. *International Society of Biomechanics in Sports*, 105-108.

- Comyns, T.M., Harrison, A.J., Hennessy, L. & Jensen, R.L. (2007). Identifying the optimal resistive load for complex training in male rugby players. *Sports Biomechanics*, 6(1), 59-70.
- Comyns, T.M., Harrison, A.J. & Hennessy, L.K. (2010). Effect of squatting on sprinting performance and repeated exposure to complex training in male rugby players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(3), 610-618.
- Comyns, T.M., Harrison, A.J., Hennessy, L.K. & Jensen, R.L. (2006). The optimal complex training rest interval for athletes from anaerobic sports. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3), 471-476.
- Cormie, P., McBride, J.M. & McCaulley, G.O. (2009). Power-time, force-time, and velocity-time curve analysis of the countermovement jump: impact of training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 177-186.
- Crewther, B., Cronin, J. & Keogh, J. (2005). Possible stimuli for strength and power adaptation: acute mechanical responses. *Sports Medicine*, 35(11), 967-989.
- Crewther, B.T., Kilduff, L.P., Cook, C.J., Middleton, M.K., Bunce, P.J. & Yang, G.Z. (2011). The acute potentiating effects of back squats on athlete performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(12), 3319-3325.
- Cronin, J.B. & Hansen, K.T. (2005). Strength and power predictors of sports speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 349-357.
- Cutlip, R.G., Geronilla, K.B., Baker, B.A., Chetlin, R.D., Hover, I. & Kashon, M.L. (2005). Impact of stretch-shortening cycle rest interval on in vivo muscle performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(8), 1345-1355.
- De Villarreal, E.S., Kellis, E., Kraemer, W.J. & Izquierdo, M. (2009). Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: a meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(2), 495-506.
- Dehail, P., Duclos, C. & Barat, M. (2008). Electrical stimulation and muscle strengthening. *Ann Readapt Med Phys*, 51(6), 441-451.
- Delitto, A., Brown, M., Strube, M.J., Rose, S.J. & Lehman, R.C. (1989). Electrical stimulation of quadriceps femoris in an elite weight lifter: a single subject experiment. *International Journal of Sports Medicine*, 10(3), 187-191.
- Delorme, T.L. (1945). Restauration of muscle power by heavy resistance exercises. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 27(4), 645-667.
- Diallo, O., Dore, E., Duche, P. & Van Praagh, E. (2001). Effects of plyometric training followed by a reduced training programme on physical performance in prepubescent soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41(3), 342-348.
- Dickwach, H. (1995). Entwicklung trainingswissenschaftlicher Positionen zum Krafttraining der kraftorientierten Sportarten am ehemaligen Forschungsinstitut für Körperkultur und Sport (FKS). In: K. Carl, K. Quade & P. Stehle (Hrsg.), *Ausgewählte Aspekt der Kraftdiagnostik im Hochleistungssport*. Köln: BISP.
- Docherty, D. & Hodgson, M.J. (2007). The application of postactivation potentiation to elite sport. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2(4), 439-444.
- Docherty, D., Robbins, D.W. & Hodgson, M.J. (2004). Complex training revisited: a review of its current status as a viable training approach. *Strength and Conditioning Journal*, 26(6), 52-57.

- Dodd, D.J. & Alvar, B.A. (2007). Analysis of acute explosive training modalities to improve lower-body power in baseball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1177-1182.
- Duchateau, J. & Hainaut, K. (1988). Training effects of sub-maximal electrostimulation in a human muscle. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20(1), 99-104.
- Duthie, G.M., Young, W.B. & Aitken, D.A. (2002). The acute effects of heavy loads on jump squat performance: an evaluation of the complex and contrast methods of power development. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(4), 530-538.
- Ebben, W.P. (2002). Complex training: A brief review. *Journal of Sports Science and Medicine*, (1), 42-46.
- Ebben, W.P., Flanagan, E.P. & Jensen, R.L. (2008). Jaw clenching results in concurrent activation potentiation during the countermovement jump. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(6), 1850-1854.
- Ebben, W.P., Kaufmann, C.E., Fauth, M.L. & Petushek, E.J. (2010). Kinetic analysis of concurrent activation potentiation during back squats and jump squats. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(6), 1515-1519.
- Ebben, W.P., Randall, L.J. & Blackard, D.O. (2000). Electromyographic and kinetic analysis of complex training variables. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(4), 451-456.
- Ebben, W.P. & Watts, P.B. (1998). A review of combined weight training and plyometric training modes: complex training. *Strength and Conditioning Journal*, (14), 18-27.
- Edel, H. (1988). Neuromuskuläre Elektrostimulationsverfahren (NMES) - (unter besonderer Berücksichtigung der M. quadriceps femoris-Stimulation). *Zeitschrift für Physiotherapie*, 40(5), 287-298.
- Edwards, R.H. (1981). Human muscle function and fatigue. *Ciba Foundation Symposium*, 82, 1-18.
- Edwards, R.H., Hill, D.K., Jones, D.A. & Merton, P.A. (1977). Fatigue of long duration in human skeletal muscle after exercise. *Journal of Physiology*, 272(3), 769-778.
- Einars, W. & Müller-Limmroth, W. (1980). The reaction of EMG-activity during intermittent isometric muscle work (author's translation). *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 44(3), 201-215.
- Enoka, R.M. (1988). Muscle strength and its development. New perspectives. *Sports Medicine*, 6(3), 146-168.
- Enoka, R.M. (2002). Activation order of motor axons in electrically evoked contractions. *Muscle and Nerve*, 25(6), 763-764.
- Eriksson, E., Haggmark, T., Kiessling, K.H. & Karlsson, J. (1981). Effect of electrical stimulation on human skeletal muscle. *International Journal of Sports Medicine*, 2(1), 18-22.
- Esformes, J.I., Cameron, N. & Bampouras, T.M. (2010). Postactivation potentiation following different modes of exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(7), 1911-1916.
- Faigenbaum, A.D., McFarland, J.E., Kelly, N.A., Ratamess, N.A., Kang, J. & Hoffman, J.R. (2010). Influence of recovery time on warm-up effects in male adolescent athletes. *Pediatric Exercise Science*, 22(2), 266-277.

- Fatouros, I.G., Jamurtas, A.Z., Leontsini, D., Taxildaris, K., Aggelousis, N., Kostopoulos, N. (2000). Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(4), 470-476.
- Faulkner, J.A., Opitck, J.A. & Brooks, S.V. (1992). Injury to skeletal muscle during altitude training: induction and prevention. *International Journal of Sports Medicine*, (13) Suppl 1, 160-162.
- Feiereisen, P., Duchateau, J. & Hainaut, K. (1997). Motor unit recruitment order during voluntary and electrically induced contractions in the tibialis anterior. *Experimental Brain Research*, 114(1), 117-123.
- Fellingham, G.W., Hinkle, L.J. & Hunter, I. (2013). Importance of attack speed in volleyball. *Journal of Quantitative Analysis in Sports*, 9(1).
- Filipovic, A., Kleinoder, H., Dormann, U. & Mester, J. (2011). Electromyostimulation - a systematic review of the influence of training regimens and stimulation parameters on effectiveness in electromyostimulation training of selected strength parameters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(11), 3218-3238.
- Filipovic, A., Kleinoder, H., Dormann, U. & Mester, J. (2012). Electromyostimulation - a systematic review of the effects of different electromyostimulation methods on selected strength parameters in trained and elite athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(9), 2600-2614.
- Fitts, R.H. (1994). Cellular mechanisms of muscle fatigue. *Physiological Reviews*, 74(1), 49-94.
- Fleck, S.J. & Kraemer, W.J. (1997). *Designing Resistance Training Programs*. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
- Fletcher, I.M. (2010). The effect of different dynamic stretch velocities on jump performance. *European Journal of Applied Physiology*, 109(3), 491-498.
- Folland, J.P. & Williams, A.G. (2007). The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Medicine*, 37(2), 145-168.
- Forbes, S.C., Raymer, G.H., Kowalchuk, J.M., Thompson, R.T. & Marsh, G.D. (2008). Effects of recovery time on phosphocreatine kinetics during repeated bouts of heavy-intensity exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 103(6), 665-675.
- Fox, E.L., Robinson, S. & Wiegman, D.L. (1969). Metabolic energy sources during continuous and interval running. *Journal of Applied Physiology*, 27(2), 174-178.
- Freiwald, J., Baumgart, C. & Konrad, P. (2007). *Einführung in die Elektromyographie : Sport - Prävention - Rehabilitation*. Balingen: Spitta-Verlag.
- French, D.N., Kraemer, W.J. & Cooke, C.B. (2003). Changes in dynamic exercise performance following a sequence of preconditioning isometric muscle actions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 678-685.
- Freriks, B. & Hermens, H.J. (1999). SENIAM 9: European recommendations for surface electromyography, *SENIAM*: Roessingh Research and Development.
- Fröhlich, M. (2006). Zur Effizienz des Einsatz- vs. Mehrsatz-Trainings. *Sportwissenschaft*, 36(3), 269-291.
- Fröhlich, M., Links, L. & Pieter, A. (2012). Effekte des Krafttrainings - eine metaanalytische Betrachtung. *Schweizer Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie*, 60(1), 14-20.

- Fry, A.C., Schilling, B.K., Staron, R.S., Hagerman, F.C., Hikida, R.S. & Thrush, J.T. (2003). Muscle fiber characteristics and performance correlates of male Olympic-style weightlifters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 746-754.
- Fukashiro, S. & Komi, P.V. (1987). Joint moment and mechanical power flow of the lower limb during vertical jump. *International Journal of Sports Medicine*, (8) Suppl 1, 15-21.
- Gabbett, T. & Georgieff, B. (2007). Physiological and anthropometric characteristics of Australian junior national, state, and novice volleyball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 902-908.
- Gabriel, D.A., Kamen, G. & Frost, G. (2006). Neural adaptations to resistive exercise: mechanisms and recommendations for training practices. *Sports Medicine*, 36(2), 133-149.
- Garhammer, J. & Gregor, R. (1992). Propulsion forces as a function of intensity for weightlifting and vertical jumping. *Journal of Applied Sport Science Research*, 6(3), 129-134.
- Gehri, D.J., Ricard, M.D., Kleiner, D.M. & Kirkendall, D.T. (1998). A comparison of plyometric training techniques for improving vertical jump ability and energy production. *Journal of Strength and Conditioning Research*, (12), 85-89.
- Gerber, G., Appelt, D., Böhme, H., Feustel, G., Paerisch, M., Pieper, K.S. (1979). Beziehungen zwischen biochemischen, histomorphologischen und physiologischen Voraussetzungen der Kraft und Schnelligkeit im M. gastrocnemius und ihrer Veränderungen bei willkürlicher isometrischer Kontraktion und Elektromyostimulation. In: F. Scharschmidt (Hrsg.), *Kolloquium "Analyse von Belastung und Training mit der Biopsiemethode"*, S. 46-77: Forschungsinstitut für Körperkultur und Sport.
- Gissis, I., Grezios, A., Göhner, U., Dickhuth, H.H. & Papadopoulos, C. (2004). Innervationsverhalten der Beinmuskulatur während der Reaktivkrafttests auf der Kraftmessplattform und auf einer speziellen Rampenmesseinrichtung. *Leistungssport* (5), 44-49.
- Gollhofer, A., Komi, P.V., Miyashita, M. & Aura, O. (1987). Fatigue during stretch-shortening cycle exercises: changes in mechanical performance of human skeletal muscle. *International Journal of Sports Medicine*, 8(2), 71-78.
- Gollnick, P.D., Karlsson, J., Piehl, K. & Saltin, B. (1974). Selective glycogen depletion in skeletal muscle fibres of man following sustained contractions. *Journal of Physiology*, 241(1), 59-67.
- Gondin, J., Guede, M., Ballay, Y. & Martin, A. (2005). Electromyostimulation training effects on neural drive and muscle architecture. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(8), 1291-1299.
- Gordon, A.M., Homsher, E. & Regnier, M. (2000). Regulation of contraction in striated muscle. *Physiological Reviews*, 80(2), 853-924.
- Gossen, E.R. & Sale, D.G. (2000). Effect of postactivation potentiation on dynamic knee extension performance. *European Journal of Applied Physiology*, 83(6), 524-530.
- Gourgoulis, V., Aggeloussis, N., Kasimatis, P., Mavromatis, G. & Garas, A. (2003). Effect of a submaximal half-squats warm-up program on vertical jumping ability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(2), 342-344.
- Grange, R.W., Vandenboom, R. & Houston, M.E. (1993). Physiological significance of myosin phosphorylation in skeletal muscle. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 18(3), 229-242.
- Green, H.J. & Jones, S.R. (1989). Does post-tetanic potentiation compensate for low frequency fatigue? *Clinical Physiology*, 9(5), 499-514.

- Gregory, C.M. & Bickel, C.S. (2005). Recruitment patterns in human skeletal muscle during electrical stimulation. *Physical Therapy*, 85(4), 358-364.
- Grosser, M., Starischka, S. & Zimmermann, E. (2008). *Das neue Konditionstraining: Grundlagen, Methoden, Leistungssteuerung, Übungen, Trainingsprogramme*. (Band 10). München: BLV.
- Güllich, A. & Schmidtbleicher, D. (1996). MVC-induced short-term potentiation of explosive force. *International Amateur Athletic Federation*, 11(4), 67-81.
- Güllich, A. & Schmidtbleicher, D. (1999). Struktur der Kraftfähigkeiten und ihrer Trainingsmethoden. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 50(7/8), 223-234.
- Hainaut, K. & Duchateau, J. (1992). Neuromuscular electrical stimulation and voluntary exercise. *Sports Medicine*, 14(2), 100-113.
- Hakkinen, K. (1991). Force production characteristics of leg extensor, trunk flexor and extensor muscles in male and female basketball players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 31(3), 325-331.
- Hakkinen, K. (1993). Neuromuscular fatigue and recovery in male and female athletes during heavy resistance exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 14(2), 53-59.
- Hakkinen, K. & Komi, P.V. (1983). Electromyographic changes during strength training and detraining. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15(6), 455-460.
- Hakkinen, K. & Komi, P.V. (1986). Effects of fatigue and recovery on electromyographic and isometric force- and relaxation-time characteristics of human skeletal muscle. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 55(6), 588-596.
- Hakkinen, K., Komi, P.V. & Alen, M. (1985). Effect of explosive type strength training on isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles. *Acta Physiologica Scandinavica*, 125(4), 587-600.
- Hakkinen, K., Pakarinen, A., Alen, M., Kauhanen, H. & Komi, P.V. (1988). Daily hormonal and neuromuscular responses to intensive strength training in 1 week. *International Journal of Sports Medicine*, 9(6), 422-428.
- Hamada, T., Hayashi, T., Kimura, T., Nakao, K. & Moritani, T. (2004). Electrical stimulation of human lower extremities enhances energy consumption, carbohydrate oxidation, and whole body glucose uptake. *Journal of Applied Physiology*, 96(3), 911-916.
- Hamada, T., Sale, D.G. & MacDougall, J.D. (2000a). Postactivation potentiation in endurance-trained male athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(2), 403-411.
- Hamada, T., Sale, D.G., MacDougall, J.D. & Tarnopolsky, M.A. (2000b). Postactivation potentiation, fiber type, and twitch contraction time in human knee extensor muscles. *Journal of Applied Physiology*, 88(6), 2131-2137.
- Hamada, T., Sale, D.G., MacDougall, J.D. & Tarnopolsky, M.A. (2003). Interaction of fibre type, potentiation and fatigue in human knee extensor muscles. *Acta Physiologica Scandinavica*, 178(2), 165-173.
- Hanson, E.D., Leigh, S. & Mynark, R.G. (2007). Acute effects of heavy- and light-load squat exercise on the kinetic measures of vertical jumping. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1012-1017.
- Harris, G.R., Stone, M.H., O'Bryant, H.S., Proulx, C.M. & Johnson, R.L. (2000). Short-term performance effects of high power, high force, or combined weight-training methods. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(1).

- Hartsell, H.D. & Kramer, J.F. (1992). A comparison of the effects of electrode placement, muscle tension, and isometric torque of the knee extensors. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 15(4), 168-174.
- Henneman, E. & Olson, C.B. (1965). Relations between structure and function in the design of skeletal muscles. *Journal of Neurophysiology*, (28), 581-598.
- Herrero, A.J., Martin, J., Martin, T., Abadia, O., Fernandez, B. & Garcia-Lopez, D. (2010). Short-term effect of plyometrics and strength training with and without superimposed electrical stimulation on muscle strength and anaerobic performance: A randomized controlled trial. Part II. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(6), 1616-1622.
- Herrero, J.A., Izquierdo, M., Maffiuletti, N.A. & Garcia-Lopez, J. (2006). Electromyostimulation and plyometric training effects on jumping and sprint time. *International Journal of Sports Medicine*, 27(7), 533-539.
- Hettinger, T. (1964). *Isometrisches Muskeltraining*. Stuttgart: Thieme.
- Hilfiker, R., Hubner, K., Lorenz, T. & Marti, B. (2007). Effects of drop jumps added to the warm-up of elite sport athletes with a high capacity for explosive force development. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 550-555.
- Hill, A.V. (1938). The heat of shortening and dynamics constants of muscles. *Proceedings of the Royal Society London*, 126(843), 136-195.
- Hodgson, M., Docherty, D. & Robbins, D. (2005). Post-activation potentiation: underlying physiology and implications for motor performance. *Sports Medicine*, 35(7), 585-595.
- Hoffmann, U. & Orthmann, P. (2009). *Schnellkurs Statistik: mit Hinweisen zur SPSS-Benutzung* (6., überarbeitete und erweiterte Auflage). Köln: Sportverl. Strauß.
- Hohmann, A., Lames, M. & Letzelter, M. (2003). *Einführung in die Trainingswissenschaft* (3., korr. und erw. Aufl.). Wiebelsheim: Limpert.
- Hollmann, W. & Hettinger, T. (2000). *Sportmedizin: Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin; mit 101 Tabellen* (4., völlig Neubearb. und erw. Aufl.). Stuttgart [u. a.]: Schattauer.
- Hrysomallis, C. & Kidgell, D. (2001). Effect of heavy dynamic resistive exercise on acute upper-body power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(4), 426-430.
- Hubley, C.L. & Wells, R.P. (1983). A work-energy approach to determine individual joint contributions to vertical jump performance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 50(2), 247-254.
- Hultman, E., Bergstrom, J. & Anderson, N.M. (1967). Breakdown and resynthesis of phosphorylcreatine and adenosine triphosphate in connection with muscular work in man. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, 19(1), 56-66.
- Hultman, E., Sjöholm, H., Jäderholm-Ek, I. & Krynicky, J. (1983). Evaluation of methods for electrical stimulation of human skeletal muscle in situ. *Pflügers Archiv*, 398(2), 139-141.
- Ingle, L., Sleaf, M. & Tolfrey, K. (2006). The effect of a complex training and detraining programme on selected strength and power variables in early pubertal boys. *Journal of Sports Science*, 24(9), 987-997.
- Iwasaki, T., Shiba, N., Matsuse, H., Nago, T., Umezu, Y., Tagawa, Y., et al. (2006). Improvement in knee extension strength through training by means of combined electrical stimulation and voluntary muscle contraction. *Tohoku Journal of Experimental Medicine*, 209(1), 33-40.

- Jacobs, R. & Van Ingen Schenau, G.J. (1992). Intermuscular coordination in a sprint push-off. *Journal of Biomechanics*, 25(9), 953-965.
- Jakovlev, N. (1977). *Sportbiochemie: mit 32 Tabellen*. Leipzig: Barth.
- Jaric, S., Ropret, R., Kukolj, M. & Ilic, D.B. (1995). Role of agonist and antagonist muscle strength in performance of rapid movements. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 71(5), 464-468.
- Jeffreys, I. (2008). A review of post activation potentiation and its application in strength and conditioning. *Professional Strength and Conditioning*, (12), 17-25.
- Jensen, J.L. & Ebben, W.P. (2003). Kinetic analysis of complex training rest interval on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(2), 345-349.
- Jensen, J.L., Marstrand, P.C. & Nielsen, J.B. (2005). Motor skill training and strength training are associated with different plastic changes in the central nervous system. *Journal of Applied Physiology*, 99(4), 1558-1568.
- Jensen, R.L., Blackard, D.O., Ebben, W.P., McLaughlin, W.P. & Watts, P.B. (1999). Kinetic and electromyographic analysis of combined strength and plyometric training in women basketball players (abstract). *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(5), 193.
- Johnson, B.A., Salzberg, C.L. & Stevenson, D.A. (2011). A systematic review: plyometric training programs for young children. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(9), 2623-2633.
- Jones, P. & Lees, A. (2003). A biomechanical analysis of the acute effects of complex training using lower limb exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 694-700.
- Juarez, D., Gonzalez-Rave, J.M. & Navarro, F. (2009). Effects of complex vs non complex training programs on lower body maximum strength and power. *Isokinetics and Exercise Science*, 17, 233-241.
- Jubeau, M., Zory, R., Gondin, J., Martin, A. & Maffiuletti, N.A. (2006). Late neural adaptations to electrostimulation resistance training of the plantar flexor muscles. *European Journal of Applied Physiology*, 98(2), 202-211.
- Judge, L.W. (2009). The application of postactivation potentiation to the track and field thrower. *Strength and Conditioning Journal*, 31(3), 34-36.
- Jurimae, J., Abernethy, P.J., Quigley, B.M., Blake, K. & McEniery, M.T. (1997). Differences in muscle contractile characteristics among bodybuilders, endurance trainers and control subjects. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 75(4), 357-362.
- Khamoui, A.V., Brown, L.E., Coburn, J.W., Judelson, D.A., Uribe, B.P. & Nguyen, D. (2009). Effect of potentiating exercise volume on vertical jump parameters in recreationally trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(5), 1465-1469.
- Kilduff, L.P., Bevan, H.R., Kingsley, M.I., Owen, N.J., Bennett, M.A. & Bunce, P.J. (2007). Postactivation potentiation in professional rugby players: optimal recovery. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1134-1138.
- Knaflitz, M., Merletti, R. & De Luca, C.J. (1990). Inference of motor unit recruitment order in voluntary and electrically elicited contractions. *Journal of Applied Physiology*, 68(4), 1657-1667.
- Knight, C.A., Marmon, A.R. & Poojari, D.H. (2008). Postcontraction errors in isometric force control. *Motor Control*, 12(3), 267-278.

- Koch, A.J., O'Bryant, H.S., Stone, M.E., Sanborn, K., Proulx, C., Hruby, J., et al. (2003). Effect of warm-up on the standing broad jump in trained and untrained men and women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 710-714.
- Komi, P.V. (1992). *Strength and Power in Sport*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Komi, P.V. (2000). Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. *Journal of Biomechanics*, 33(10), 1197-1206.
- Komi, P.V. & Bosco, C. (1978). Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Med Sci Sports*, 10(4), 261-265.
- Koz, J.M. (1971). Trenirofka muschechnoj siloj metodom elektrostimulazii - soopschenije 1. teoreticheskie predposylki. *Teoriya i praktika fizicheskoi kultury*.
- Koz, J.M. & Chwilon, W.A. (1971). Trenirofka muschechnoj siloj metodom elektrostimulazii. *Teoriya i praktika fizicheskoi kultury*, 4.
- Kraemer, W.J., Adams, K., Cafarelli, E., Dudley, G.A., Dooly, C., Feigenbaum, M.S. (2002). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(2), 364-380.
- Kraemer, W.J. & Fry, A.C. (1995). Strength testing: Development and evaluation of methodology. In: P.J. Maud & C. Foster (Hrsg.), *Physiological Assessment of Human Fitness*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Kraemer, W.J. & Newton, R.U. (1994). Training for improved vertical jump. *Sports Science Exchange*, 7(6), 1-12.
- Kraemer, W.J. & Ratamess, N.A. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(4), 674-688.
- Kramer, J.F., Morrow, A. & Leger, A. (1993). Changes in rowing ergometer, weight lifting, vertical jump and isokinetic performance in response to standard and standard plus plyometric training programs. *International Journal of Sports Medicine*, 14(8), 449-454.
- Krieger, J.W. (2009). Single versus multiple sets of resistance exercise: a meta-regression. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6), 1890-1901.
- Krieger, J.W. (2010). Single vs. multiple sets of resistance exercise for muscle hypertrophy: a meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(4), 1150-1159.
- Krnjevic, K. & Miledi, R. (1958). Failure of neuromuscular propagation in rats. *Journal of Physiology*, 140(3), 440-461.
- Lake, D.A. (1992). Neuromuscular electrical stimulation. An overview and its application in the treatment of sports injuries. *Sports Medicine*, 13(5), 320-336.
- Leonhart, R. & Schornstein, K. (2004). *Lehrbuch Statistik: Einstieg und Vertiefung* (1. Auflage). Bern [u. a.]: Huber.
- Letzelter, S. & Letzelter, M. (1974). *Eine Bewegungs- und Trainingslehre*. Niedernhausen/Ts.: Schors.
- Lexell, J., Henriksson-Larsen, K. & Sjostrom, M. (1983). Distribution of different fibre types in human skeletal muscles. A study of cross-sections of whole m. vastus lateralis. *Acta Physiologica Scandinavica*, 117(1), 115-122.
- Linnamo, V., Hakkinen, K. & Komi, P.V. (1998). Neuromuscular fatigue and recovery in maximal compared to explosive strength loading. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 77(1-2), 176-181.

- Lorenz, D. (2011). Postactivation potentiation: an introduction. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 6(3), 234-240.
- Luebbers, P.E., Potteiger, J.A., Hulver, M.W., Thyfault, J.P., Carper, M.J. & Lockwood, R.H. (2003). Effects of plyometric training and recovery on vertical jump performance and anaerobic power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 704-709.
- Lyttle, A., Wilson, G. & Ostrowski, K. (1996). Enhancing performance: Maximal power versus combined weights and plyometrics training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10(3), 173-179.
- MacIntosh, B.R. (2010). Cellular and whole muscle studies of activity dependent potentiation. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 682, 315-342.
- MacIntosh, B.R. & Rassier, D.E. (2002). What is fatigue? *Canadian Journal of Applied Physiology*, 27(1), 42-55.
- Maffiuletti, N.A., Bramanti, J., Jubeau, M., Bizzini, M., Deley, G. & Cometti, G. (2009). Feasibility and efficacy of progressive electrostimulation strength training for competitive tennis players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(2), 677-682.
- Maffiuletti, N.A., Cometti, G., Amiridis, I.G., Martin, A., Pousson, M. & Chatard, J.C. (2000). The effects of electromyostimulation training and basketball practice on muscle strength and jumping ability. *International Journal of Sports Medicine*, 21(6), 437-443.
- Maffiuletti, N.A., Dugnani, S., Folz, M., Di Pierno, E. & Mauro, F. (2002a). Effect of combined electrostimulation and plyometric training on vertical jump height. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(10), 1638-1644.
- Maffiuletti, N.A., Pensini, M. & Martin, A. (2002b). Activation of human plantar flexor muscles increases after electromyostimulation training. *Journal of Applied Physiology*, 92(4), 1383-1392.
- Maffiuletti, N.A., Pensini, M., Scaglioni, G., Ferri, A., Ballay, Y. & Martin, A. (2003). Effect of electromyostimulation training on soleus and gastrocnemii H- and T-reflex properties. *European Journal of Applied Physiology*, 90(5-6), 601-607.
- Maio-Alves, J.M., Rebelo, A.N., Abrantes, C. & Sampaio, J. (2010). Short-term effects of complex and contrast training in soccer player's vertical jump, sprint, and agility abilities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(4), 936-941.
- Malatesta, D., Cattaneo, F., Dugnani, S. & Maffiuletti, N.A. (2003). Effects of electromyostimulation training and volleyball practice on jumping ability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(3), 573-579.
- Malisoux, L., Francaux, M., Nielens, H., Renard, P., Lebacqz, J. & Theisen, D. (2006). Calcium sensitivity of human single muscle fibers following plyometric training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(11), 1901-1908.
- Markovic, G. (2007). Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *British Journal of Sports Medicine*, 41(6), 349-355.
- Markovic, G. & Mikulic, P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports Medicine*, 40(10), 859-895.
- Marqueste, T., Messan, F., Hug, F., Laurin, J., Dousset, E., Grelot, L. (2010). Effect of repetitive biphasic muscle electrostimulation training on vertical jump performances in female volleyball players. *International Journal of Sport and Health Science*, (8), 50-55.

- Marshall, P.W., Robbins, D.A., Wrightson, A.W. & Siegler, J.C. (2011). Acute neuromuscular and fatigue responses to the rest-pause method. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 15(2), 153-158.
- Martin, D., Carl, K. & Lehnertz, K. (1993). *Handbuch Trainingslehre* (2., unveränd. Aufl.). Schorndorf: Hofmann.
- Martin, L., Cometti, G., Pousson, M. & Morlon, B. (1993). Effect of electrical stimulation training on the contractile characteristics of the triceps surae muscle. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 67(5), 457-461.
- Martinez-Lopez, E.J., Benito-Martinez, E., Hita-Contreras, F., Lara-Sanchez, A.J. & Martinez-Amat, A. (2012). Effects of electrostimulation and plyometric training program combination on jump height in teenage athlete. *Journal of Sports Science and Medicine*, (11), 727-735.
- Matthews, M., O'Conchuir, C. & Comfort, P. (2009). The acute effects of heavy and light resistances on the flight time of a basketball push-pass during upper body complex training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(7), 1988-1995.
- McBride, J.M., Nimphius, S. & Erickson, T.M. (2005). The acute effects of heavy-load squats and loaded countermovement jumps on sprint performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(4), 893-897.
- McNeal, J.R., Sands, W.A. & Stone, M.H. (2010). Effects of fatigue on kinetic and kinematic variables during a 60-second repeated jumps test. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(2), 218-229.
- Mester, J., Nowak, S., Schmithüsen, J., Kleinöder, H. & Speicher, U. (2009). Kurz- und langfristige Trainingseffekte durch mechanische und elektrische Stimulation auf kraftdiagnostische Parameter. In: J. Fischer (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch – Forschungsförderung 2008/09* (S. 103-116). Köln: BISP.
- Michel, S. (2003). *Externe Elektromyostimulation und lokale Muskelermüdung: Auswirkungen auf ausgewählte Bewegungsparameter der unteren Extremitäten*. Marburg: Tectum-Verlag.
- Miller, C. & Thepaut-Mathieu, C. (1993). Strength training by electrostimulation conditions for efficacy. *International Journal of Sports Medicine*, 14(1), 20-28.
- Mitchell, C.J. & Sale, D.G. (2011). Enhancement of jump performance after a 5-RM squat is associated with postactivation potentiation. *European Journal of Applied Physiology*, 111(8), 1957-1963.
- Miyamoto, N., Mitsukawa, N., Sugisaki, N., Fukunaga, T. & Kawakami, Y. (2010). Joint angle dependence of intermuscle difference in postactivation potentiation. *Muscle and Nerve*, 41(4), 519-523.
- Moir, G.L., Mergy, D., Witmer, C. & Davis, S.E. (2011). The acute effects of manipulating volume and load of back squats on countermovement vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(6), 1486-1491.
- Moritani, T. & DeVries, H.A. (1979). Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 58(3), 115-130.
- Moritani, T., Muro, K., Ishida, K. & Taguchi, S. (1987). Electromyographic analyses of the effects of muscle power training. *Journal of Science and Medicine in Sport*, (1), 23-32.
- Munsat, T.L., McNeal, D. & Waters, R. (1976). Effects of nerve stimulation on human muscle. *Arch Neurol*, 33(9), 608-617.

- Newton, R.U., Hakkinen, K., Hakkinen, A., McCormick, M., Volek, J. & Kraemer, W.J. (2002). Mixed-methods resistance training increases power and strength of young and older men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(8), 1367-1375.
- Newton, R.U. & Kraemer, W.J. (1994). Developing explosive muscular power: implications for a mixed methods training strategy. *National Strength and Conditioning Journal*, 16, 20-31.
- Nibali, M., Mitchell, J.A., Chapman, D.W. & Drinkwater, E.J. (2011). Influence of individual response to recovery time in complex training on lower-body power output. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(Supplement 1).
- O'Leary, D.D., Hope, K. & Sale, D.G. (1997). Posttetanic potentiation of human dorsiflexors. *Journal of Applied Physiology*, 83(6), 2131-2138.
- O'Leary, D.D., Hope, K. & Sale, D.G. (1998). Influence of gender on post-tetanic potentiation in human dorsiflexors. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 76(7-8), 772-779.
- O'Shea, J.P. (1985). The parallel squat. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 7(1), 4-7.
- Olivier, N., Augste, C., Keim, M. & Klippel, S. (2001). Techniktraining unter dem Einfluss hoher konditioneller Belastungen. In: H.A. Thorhauer, K. Carl & U. Türrck-Noack (Hrsg.), *Muskel-Ermüdung, Forschungsansätze in der Trainingswissenschaft*. Köln, Sport und Buch Strauß GmbH: Bundesinstitut für Sportwissenschaft, Bonn.
- Olivier, N. & Rockmann, U. (2003). *Grundlagen der Bewegungswissenschaft und -lehre*. Schorndorf: Hofmann.
- Owens, J. & Malone, T.R. (1983). Treatment Parameters of High Frequency Electrical stimulation as Established on the Electro-Stim 180. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 4(3), 162-168.
- Paasuke, M., Ereline, J., Gapeyeva, H., Toots, M. & Toots, L. (2003). Comparison of twitch contractile properties of plantar flexor muscles in 9-10 year old girls and boys. *Pediatric Exercise Science*, (15), 324-332.
- Paasuke, M., Saapar, L., Ereline, J., Gapeyeva, H., Requena, B. & Oopik, V. (2007). Postactivation potentiation of knee extensor muscles in power- and endurance-trained, and untrained women. *European Journal of Applied Physiology*, 101(5), 577-585.
- Paillard, T. (2008). Combined application of neuromuscular electrical stimulation and voluntary muscular contractions. *Sports Medicine*, 38(2), 161-177.
- Paillard, T., Noe, F., Passelergue, P. & Dupui, P. (2005). Electrical stimulation superimposed onto voluntary muscular contraction. *Sports Medicine*, 35(11), 951-966.
- Pereira, G., Morse, C., Ugrinowitsch, C., Rodacki, A., Kokubun, E. & Fowler, N. (2009). Manipulation of rest period length induces different causes of fatigue in vertical jumping. *International Journal of Sports Medicine*, 30(5), 325-330.
- Perez, M., Lucia, A., Rivero, J.L., Serrano, A.L., Calbet, J.A., Delgado, M.A. (2002). Effects of transcutaneous short-term electrical stimulation on M. vastus lateralis characteristics of healthy young men. *Pflügers Archiv*, 443(5-6), 866-874.
- Pichon, F., Chatard, J.C., Martin, A. & Cometti, G. (1995). Electrical stimulation and swimming performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27(12), 1671-1676.
- Poliquin, C. (1987). Strength Training for Elite Athletes (S. 129-139). Las Vegas: AS-CA-World Clinic Yearbook.

- Putz, C. & Türck-Noack, U. (2001). Gleichgewichtsregulation in unterschiedlichen Standpositionen unter lokaler Muskelermüdung - posturographische und elektromyographische Studie. In: H.A. Thorhauer, K. Carl & U. Türck-Noack (Hrsg.), *Muskel-Ermüdung, Forschungsansätze in der Trainingswissenschaft*. Köln, Sport und Buch Strauß GmbH: Bundesinstitut für Sportwissenschaft, Bonn.
- Radcliffe, J.C. & Radcliffe, J.L. (1996). Effects of different warm-up protocols on peak power output during a single response jump task. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(5), 189.
- Rahimi, R., Arshadi, P., Behpur, M., Boroujerdi, S.S. & Rahimi, M. (2006). Evaluation of plyometrics, weight training and their combination on angular velocity. *Physical Education and Sport*, 4(1), 1-8.
- Rahimi, R. & Dehpur, N. (2005). The effects of plyometric, weight and plyometric-weight training on anaerobic power and muscular strength. *Physical Education and Sport*, 3(1), 81-91.
- Rajic, B., Dopsaj, M. & Pablos Abella, C. (2004). The influence of the combined method on the development of explosive strength in female volleyball players and on the isometric muscle strength of different muscle groups. *Physical Education and Sport*, 2(1), 1-12.
- Rasch, B., Hofmann, W., Frieze, M. & Naumann, E. (2010). *Quantitative Methoden Band 2 - Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler* (3., erw. Aufl.). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Rassier, D.E. & Herzog, W. (2002). Force enhancement following an active stretch in skeletal muscle. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 12(6), 471-477.
- Rassier, D.E. & MacIntosh, B.R. (2000). Coexistence of potentiation and fatigue in skeletal muscle. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 33(5), 499-508.
- Ratel, S., Lazaar, N., Williams, C.A., Bedu, M. & Duche, P. (2003). Age differences in human skeletal muscle fatigue during high-intensity intermittent exercise. *Acta Paediatrica*, 92(11), 1248-1254.
- Ratkevicius, A., Mizuno, M., Povilonis, E. & Quistorff, B. (1998). Energy metabolism of the gastrocnemius and soleus muscles during isometric voluntary and electrically induced contractions in man. *Journal of Physiology*, 507 (Part 2), 593-602.
- Requena, B., Saez-Saez de Villarreal, E., Gapeyeva, H., Erelina, J., Garcia, I. & Paasuke, M. (2010). Relationship between postactivation potentiation of knee extensor muscles, sprinting and vertical jumping performance in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(2), 367-373.
- Requena, B., Zabala, M., Ribas, J., Erelina, J., Paasuke, M. & Gonzalez-Badillo, J.J. (2005). Effect of post-tetanic potentiation of pectoralis and triceps brachii muscles on bench press performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(3), 622-627.
- Requena-Sanchez, B., Padial Puche, P. & Gonzalez-Badillo, J.J. (2005). Percutaneous electrical stimulation in strength training: an update. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 438-448.
- Rich, N.C. (1992). Strength training via high frequency electrical stimulation. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 32(1), 19-25.
- Rimmer, E. & Sleivert, G. (2000). Effects of a plyometrics intervention program on sprint performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(3), 295-301.

- Ritzdorf, W., Brüggemann, G.P., Maas, S., Mester, J., Neumaier, A. & Thomann, I. (1995). Ausgewählte Aspekt der Kraftdiagnostik im Hochleistungssport. In: K. Carl, K. Quade & P. Stehle (Hrsg.), *Krafttraining in der sportwissenschaftlichen Forschung*. Köln: BISP.
- Rixon, K.P., Lamont, H.S. & Bemben, M.G. (2007). Influence of type of muscle contraction, gender, and lifting experience on postactivation potentiation performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 500-505.
- Robbins, D.W. (2005). Postactivation potentiation and its practical applicability: a brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 453-458.
- Robbins, D.W. & Docherty, D. (2005). Effect of loading on enhancement of power performance over three consecutive trials. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(4), 898-902.
- Rodriguez-Ruiz, D., Quiroga, M.E., Miralles, J.A., Sarmiento, S., De Saa, Y. & Garcia-Manso, J.M. (2011). Study of the technical and tactical variables determining set win or loss in top-level European men's volleyball. *Journal of Quantitative Analysis in Sports*, 7(1), 1-13.
- Ruther, C.L., Golden, C.L., Harris, R.T. & Dudley, G.A. (1995). Hypertrophy, Resistance Training, and the Nature of Skeletal Muscle Activation. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 9(3), 155-159.
- Saez de Villarreal, E., Requena, B., Izquierdo, M. & Gonzalez-Badillo, J.J. (2013). Enhancing sprint and strength performance: combined versus maximal power, traditional heavy-resistance and plyometric training. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(2), 146-150.
- Saez-Saez de Villarreal, E., Gonzalez-Badillo, J.J. & Izquierdo, M. (2007). Optimal warm-up stimuli of muscle activation to enhance short and long-term acute jumping performance. *European Journal of Applied Physiology*, 100(4), 393-401.
- Sale, D. (1988). Neural adaptation to strength training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20(5), 135-145.
- Sale, D. (Hrsg.). (1992). *Neural adaptation to strength training* (Band 2). Oxford: Blackwell.
- Sale, D. & MacDougall, D. (1981). Specificity in strength training: a review for the coach and athlete. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 6(2), 87-92.
- Sale, D.G. (2002). Postactivation potentiation: role in human performance. *Exercise Sport Sciences Reviews*, 30(3), 138-143.
- Saltin, B. (1981). Muscle fibre recruitment and metabolism in prolonged exhaustive dynamic exercise. *Ciba Foundation Symposium*, (82), 41-58.
- Sanchez, B.R., Puche, P.P. & Gonzalez-Badillo, J.J. (2005). Percutaneous electrical stimulation in strength training: an update. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 438-448.
- Schlumberger, A. (2000). *Optimierung von Trainingsstrategien im Schnellkrafttraining* (1. Aufl.). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Schlumberger, A., Wirth, K., Liu, Y., Steinacker, J. & Schmidbleicher, D. (2003). Effekte eines Trainings mit einer Schnellkraftmethodenkombination. *Leistungssport*, 33(4), 14-18.
- Schmidbleicher, D. (1984). Strukturanalyse der motorischen Eigenschaft Kraft. *Lehre der Leichtathletik*, (50), 1785-1792.
- Schmidbleicher, D. (1985). Klassifizierung der Trainingsmethoden im Krafttraining. *Lehre der Leichtathletik*, 1(2), 25-30.

- Schmidtbleicher, D. (1992). Training for power events. In P.V. Komi (Hrsg.), *Strength and power in sport* (S. 381-395). Carlton, Australia: Blackwell Science.
- Schmidtbleicher, D. & Frick, U. (2001). Neuromuskuläre Funktionen und Ermüdungsreaktionen im Kraft-, Schnellkraft-Training (Thesen). In: H.A. Thorhauer, K. Carl & U. Türck-Noack (Hrsg.), *Muskel-Ermüdung, Forschungsansätze in der Trainingswissenschaft*. Köln, Sport und Buch Strauß GmbH: Bundesinstitut für Sportwissenschaft, Bonn.
- Schmidtbleicher, D. & Gollhofer, A. (1982). Neuromuskuläre Untersuchungen zur Bestimmung individueller Belastungsgrößen für ein Tiefsprungtraining. *Leistungssport* (12), 298-307.
- Schmidtbleicher, D. & Gollhofer, A. (1985). Einflußgrößen des reaktiven Bewegungsverhaltens und deren Bedeutung für die Sportpraxis. In: M. Bührle (Hrsg.), *Grundlagen des Maximal- und Schnellkrafttrainings* (S. 271-281). Schorndorf.
- Schmidtbleicher, D. & Haralambie, G. (1981). Changes in contractile properties of muscle after strength training in man. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 46(3), 221-228.
- Schnabel, G., Harre, D. & Borde, A. (1997). *Trainingswissenschaft. Leistung, Training, Wettkampf*. Berlin: Sportverlag.
- Schnabel, G. & Thieß, G. (1993). *Lexikon Sportwissenschaft* (Band 2). Berlin: Sportverlag.
- Scott, S.L. & Docherty, D. (2004). Acute effects of heavy preloading on vertical and horizontal jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(2), 201-205.
- Selkowitz, D.M. (1985). Improvement in isometric strength of the quadriceps femoris muscle after training with electrical stimulation. *Physical Therapy*, 65(2), 186-196.
- Seyfarth, A., Günther, M. & Blickhan, R. (2001). Stabilitätsrisiken und Kinematik des Beines beim Laufen vor und nach Ermüdung. In: H.A. Thorhauer, K. Carl & U. Türck-Noack (Hrsg.), *Muskel-Ermüdung, Forschungsansätze in der Trainingswissenschaft*. Köln, Sport und Buch Strauß GmbH: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.
- Seyri, K.M. & Maffiuletti, N.A. (2011). Effect of electromyostimulation training on muscle strength and sports performance. *Strength and Conditioning Journal*, 33(1), 70-75.
- Shea, C.H., Shebilske, W.L., Kohl, R.M. & Guadagnoli, M.A. (1991). After-contraction phenomenon: influences on performance and learning. *Journal of Motor Behavior*, 23(1), 51-62.
- Sheppard, J.M., Cronin, J.B., Gabbett, T.J., McGuigan, M.R., Etxebarria, N. & Newton, R.U. (2008). Relative importance of strength, power, and anthropometric measures to jump performance of elite volleyball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 758-765.
- Siegler, J., Gaskill, S. & Ruby, B. (2003). Changes evaluated in soccer-specific power endurance either with or without a 10-week, in-season, intermittent, high-intensity training protocol. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(2), 379-387.
- Singer, K.P. (1986). The influence of unilateral electrical muscle stimulation on motor unit activity patterns in atrophic human quadriceps. *Australian Journal of Physiotherapy*, (33), 31-37.
- Smilios, I., Pilianidis, T., Sotiropoulos, K., Antonakis, M. & Tokmakidis, S.P. (2005). Short-term effects of selected exercise and load in contrast training on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 135-139.

- Smith, G.V., Alon, G., Roys, S.R. & Gullapalli, R.P. (2003). Functional MRI determination of a dose-response relationship to lower extremity neuromuscular electrical stimulation in healthy subjects. *Experimental Brain Research*, 150(1), 33-39.
- Smith, J.C. & Fry, A.C. (2007). Effects of a ten-second maximum voluntary contraction on regulatory myosin light-chain phosphorylation and dynamic performance measures. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(1), 73-76.
- Solomonow, M. (1984). External Control of the Neuromuscular System *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, (12), 752-763.
- Sotiropoulos, K., Smilios, I., Christou, M., Barzouka, K., Spaias, A., Douda, H. (2010). Effects of warm-up on vertical jump performance and muscle electrical activity using half-squats at low and moderate intensity. *Journal of Sports Science and Medicine*, (9), 326-331.
- St. Pierre, D., Taylor, A.W., Lavoie, M., Sellers, W. & Kots, Y.M. (1986). Effects of 2500 Hz sinusoidal current on fibre area and strength of the quadriceps femoris. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 26(1), 60-66.
- Staron, R.S., Malicky, E.S., Leonardi, M.J., Falkei, J.E., Hagerman, F.C. & Dudley, G.A. (1989). Muscle hypertrophy and fast fiber type conversions in heavy resistance-trained women. *European Journal of Applied Physiology*, (60), 71-79.
- Steinhöfer, D. (2003). Kraft - Was ist das? *Leichtathletiktraining* (10), 4-10.
- Steinmann, W. (1988). *Krafttraining im Sportunterricht* (1. Aufl.). Ahrensburg bei Hamburg: Czwalina.
- Stone, M.H., Sands, W.A., Pierce, K.C., Ramsey, M.W. & Haff, G.G. (2008). Power and power potentiation among strength-power athletes: preliminary study. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3(1), 55-67.
- Stutzig, N. (2009). Experimentelle Untersuchungen zur Optimierung der Belastungsmethodik im Schnellkrafttraining. Jena: Dissertationsschrift.
- Sweeney, H.L., Bowman, B.F. & Stull, J.T. (1993). Myosin light chain phosphorylation in vertebrate striated muscle: regulation and function. *American Journal of Physiology*, 264(5 Part 1), 1085-1095.
- Tan, B. (1999). Manipulating resistance training program variables to optimize maximum strength in men: a review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13(3), 289-304.
- Thorhauer, H.A. (1981). Zu den Begriffen "Leistungsstruktur" und "Anforderungsstruktur" im Sport. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, (30), 206-212.
- Thorhauer, H.A., Carl, K. & Türck-Noack, U. (Hrsg.). (2001). *Muskel-Ermüdung : Forschungsansätze in der Trainingswissenschaft* (1. Aufl.). Köln, Sport und Buch Strauß GmbH: Bundesinstitut für Sportwissenschaft, Bonn.
- Thorhauer, H.A., Hoffmann, L., Werner, F. & Michel, S. (2001). Der Einfluss lokaler Ermüdung auf Muskelaktionspotenziale (MAP) und Parameter der Leistungsfähigkeit der unteren Extremitäten. In: H.A. Thorhauer, K. Carl & U. Türck-Noack (Hrsg.), *Muskel-Ermüdung, Forschungsansätze in der Trainingswissenschaft*. Köln, Sport und Buch Strauß GmbH: Bundesinstitut für Sportwissenschaft, Bonn.
- Thorhauer, H.A., Michel, S., Hoffmann, L., Werner, F. & Sorour, K. (2003). Experimentelle Untersuchungen von Phänomenen der Willkürmotorik bei lokaler/differenzieller Muskelermüdung. In: Bundesinstitut für Sportwissenschaft. (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch 2003*. Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.

- Tidow, G. & Wiemann, K. (1994). Zur Optimierung des Sprintlaufs - leistungsdiagnostische Aspekte und trainingspraktische Folgerungen. *Leistungssport*, 24(6), 11-16.
- Thorstensson, A., Grimby, G. & Karlsson, J. (1976). Force-velocity relations and fiber composition in human knee extensor muscles. *Journal of Applied Physiology*, 40(1), 12-16.
- Tillin, N.A. & Bishop, D. (2009). Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports Medicine*, 39(2), 147-166.
- Toigo, M. & Boutellier, U. (2006). New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscle adaptations. *European Journal of Applied Physiology*, 97(6), 643-663.
- Toumi, H., Best, T.M., Martin, A. & Poumarat, G. (2004). Muscle plasticity after weight and combined (weight + jump) training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(9), 1580-1588.
- Trimble, M.H. & Harp, S.S. (1998). Postexercise potentiation of the H-reflex in humans. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(6), 933-941.
- Van Ingen Schenau, G.J., Bobbert, M.F. & De Haan, A. (1997). Does elastic energy enhance work and efficiency in the stretch-shortening cycle? *Journal of Applied Biomechanics*, 13(4), 389-415.
- Van Zandwijk, J.P., Bobbert, M.F., Munneke, M. & Pas, P. (2000). Control of maximal and submaximal vertical jumps. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(2), 477-485.
- Vandenboom, R., Grange, R.W. & Houston, M.E. (1995). Myosin phosphorylation enhances rate of force development in fast-twitch skeletal muscle. *American Journal of Physiology*, 268(3 Part 1), 596-603.
- Vanderthommen, M. & Duchateau, J. (2007). Electrical stimulation as a modality to improve performance of the neuromuscular system. *Exercise Sport Sciences Reviews*, 35(4), 180-185.
- Vanderthommen, M., Duteil, S., Wary, C., Raynaud, J.S., Leroy-Willig, A., Crielaard, J.M. (2003). A comparison of voluntary and electrically induced contractions by interleaved 1H- and 31P-NMRS in humans. *Journal of Applied Physiology*, 94(3), 1012-1024.
- Vandervoort, A.A., Quinlan, J. & McComas, A.J. (1983). Twitch potentiation after voluntary contraction. *Experimental Neurology*, 81(1), 141-152.
- Verchoshanskij, J.V. (1971). Grundlagen des speziellen Krafttrainings im Sport. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, 20(Beiheft 3), 206-212.
- Verchoshanskij, J.V. (1972). Grundlagen des speziellen Krafttrainings. In: D.V. Adams, J.V. (Hrsg.), *Modernes Krafttraining im Sport (Trainerbibliothek)* (Band 4, S. 37-148). Berlin: Bartels & Wernitz.
- Verchoshanskij, J.V. (1995). *Ein neues Trainingssystem für azyklische Sportarten*. Münster: Phillipka Sportverlag.
- Verkhoshansky, Y. (1986). Speed-strength preparation and development of strength endurance of athletes in various specializations. *Sovjet Sports Review*, 21(3), 120-124.
- Verkhoshansky, Y. & Tatyan, V. (1973). Speed-strength preparation of future champions. *Sovjet Sports Review*, (18), 166-170.
- Viitasalo, J.T. & Bosco, C. (1982). Electromechanical behaviour of human muscles in vertical jumps. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 48(2), 253-261.

- Voss, G., Witt, M. & Werthner, R. (2007). *Herausforderung Schnelligkeitstraining*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Wagner, D. & Kocak, M. (1997). A multivariate approach to assessing anaerobic power following a plyometric training program. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 11(4), 251-255.
- Wang, L., Lin, D. & Huang, C. (2004). Age Effect on Jumping Techniques and Lower Limb Stiffness During Vertical Jump. *Research in Sports Medicine*, (12), 209-219.
- Weber, K.R., Brown, L.E., Coburn, J.W. & Zinder, S.M. (2008). Acute effects of heavy-load squats on consecutive squat jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 726-730.
- Weineck, J. (2007). *Optimales Training: leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings* (15., völlig überarb. und beträchtlich erw. Aufl.). Balingen: Spitta-Verlag.
- Wick, C. & Scheibe, J. (1992). Ein Beitrag zur Messung muskulärer Leistungen. In: H.C. Scholle & J. Scheibe (Hrsg.), *Dornburger Schlossgespräche*. Jena.
- Wiemann, K. (1991). Die Funktion der ischiocruralen Muskeln beim Sprint und die Bedeutung für das Techniktraining. In: R. Dauts & u. a. (Hrsg.), *Sportmotorisches Lernen und Techniktraining* (S. 270-274). Schorndorf.
- Wierzbicka, M.M. & Wiegner, A.W. (1992). Effects of weak antagonist on fast elbow flexion movements in man. *Experimental Brain Research*, 91(3), 509-519.
- Willardson, J.M. & Burkett, L.N. (2008). The effect of different rest intervals between sets on volume components and strength gains. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(1), 146-152.
- Wilson, G.J., Murphy, A.J. & Giorgi, A. (1996). Weight and plyometric training: effects on eccentric and concentric force production. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 21(4), 301-315.
- Wilson, G.J., Newton, R.U., Murphy, A.J. & Humphries, B.J. (1993). The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25(11), 1279-1286.
- Wilson, G.J., Wood, G.A. & Elliot, B.C. (1994). Musculotendinous stiffness: Its relationship to eccentric, isometric, and concentric performance. *Journal of Applied Physiology*, 76, 2714-2719.
- Wilson, J.M., Duncan, N.M., Marin, P.J., Brown, L.E., Loenneke, J.P., Wilson, S.M. (2013). Meta-analysis of postactivation potentiation and power: effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(3), 854-859.
- Wirth, K., Bob, A., Müller, S. & Schmidtbleicher, D. (2007). Vergleich verschiedener Trainingsmethoden zur Schnellkraftentwicklung, *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2006/07*, 191-202.
- Wisloff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R. & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38(3), 285-288.
- Witmer, C.A., Davis, S.E. & Moir, G.L. (2010). The acute effects of back squats on vertical jump performance in men and women. *Journal of Sports Science and Medicine*, (9), 206-213.

- Witt, M. (1995). Theoretischer Ansatz und experimentelle Ergebnisse zum Krafttraining. In: K. Carl, K. Quade & P. Stehle (Hrsg.), *Krafttraining in der sportwissenschaftlichen Forschung*. Köln: Bundesinstitut für Sportwissenschaft; Sport und Buch Strauß.
- Wolf, S.L., Ariel, G.B., Saar, D., Penny, M.A. & Railey, P. (1986). The effect of muscle stimulation during resistive training on performance parameters. *American Journal of Sports Medicine*, 14(1), 18-23.
- Young, W.B. (1993). Training for speed/strength: heavy versus light loads. *National Strength and Conditioning Journal*, 15(5), 34-42.
- Young, W.B. (2006). Transfer of strength and power training to sports performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1(2), 74-83.
- Young, W.B., James, R. & Montgomery, I. (2002). Is muscle power related to running speed with changes of direction? *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42(3), 282-288.
- Young, W.B., Jenner, A. & Griffiths, K. (1998). Acute enhancement of power performance from heavy load squats. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(2), 82-84.
- Zatsiorsky, V. (1995). *Science and Practice of Strength Training*. Champaign: Human Kinetics.

7. Anhang

7.1. Tabellenverzeichnis

TAB. 1: HYPERTROPHIEMETHODEN DER WIEDERHOLTEN SUBMAXIMALEN KONTRAKTIONEN (AUS GROSSER ET AL. 2008, S. 69; NACH SCHMITTBLEICHER, 1985)	25
TAB. 2: METHODEN DER KURZZEITIGEN MAXIMALEN KONTRAKTIONEN ZUR VERBESSERUNG DER WILLKÜRLICHEN AKTIVIERUNGSFÄHIGKEIT (BÜHRLE, 1985, S. 98).....	25
TAB. 3: TRAININGSMETHODEN ZUR SCHNELLKRAFTENTWICKLUNG (GROSSER ET AL., 2008, S. 74, 75)	26
TAB. 4: AUSGEWÄHLTE EMS-TRAININGSSSTUDIEN MIT LEISTUNGSSPORTLICH TRAINIERENDEN PROBANDENGRUPPEN.....	29
TAB. 5: REAKTIVE TRAININGSMETHODEN (SCHMITTBLEICHER, 1985, S. 29)	36
TAB. 6: DARSTELLUNG AUSGEWÄHLTER STUDIEN MIT VERWENDUNG DER KOMBINATIONSMETHODE „EMS+PLYO“.....	38
TAB. 7: VERSCHIEDENHEIT VON BEFUNDEN BEZÜGLICH LEISTUNGSPOTENZIERUNGEN NACH INTENSIVER VORBELASTUNG ZU UNTERSCHIEDLICHEN NACHBELASTUNGSZEITPUNKTEN.....	45
TAB. 8: BESCHREIBUNG DER PROBANDENGRUPPE.....	52
TAB. 9: ZUSAMMENHANG ZWISCHEN MAXIMALLEISTUNG (%) UND WIEDERHOLUNGSZAHL (POLIQUIN, 1987, S. 129-139).....	54
TAB. 10: ABLAUF DER PAUSEZEITSTUDIE	54
TAB. 11: IRRTUMSWAHRSCHEINLICHKEITEN, BEDEUTUNGEN UND SYMBOLISIERUNGEN (BÜHL, 2008, S. 121)	58
TAB. 12: BESCHREIBUNG DER STUDIENTEILNEHMER.....	101
TAB. 13: BESCHREIBUNG DER TRAININGSGRUPPEN	101
TAB. 14: BESCHREIBUNG DER BEIDEN TRAININGSPROGRAMME „EMS+PLYO“ UND „KRAFT+PLYO“	103

TAB. 15: VERÄNDERUNGEN VON SPRUNGPARAMETERN BEIM DROP JUMP NACH 5-WÖCHIGEM TRAINING	114
TAB. 16: VERÄNDERUNGEN DES PARAMETERS MAXIMALKRAFT (F _{MAX}) NACH 5-WÖCHIGEM TRAINING	115
TAB. 17: VERÄNDERUNG VON SCHNELLIGKEITSPARAMETERN NACH 5-WÖCHIGEM SCHNELLKRAFTTRAINING	116
TAB. 18: TRAININGSSTUDIEN ZUM VERGLEICH VON EINZEL- UND KOMBINATIONSMETHODEN ZUR SCHNELLKRAFTSTEIGERUNG	189
TAB. 19: DESKRIPTIVE STATISTIK DER PAUSENZEITSTUDIE (PARAMETER SPRUNGHÖHE IN M) ..	193
TAB. 20: NORMALVERTEILUNGSTEST (KOLMOGOROV-SMIRNOV-ANPASSUNGSTEST) DER PAUSENZEITSTUDIE (PARAMETER SPRUNGHÖHE IN M)	195
TAB. 21: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (PARAMETER SPRUNGHÖHE; VERGLEICH KONTROLL- UND EINZELSPRÜNGE NACH VERSCHIEDENEN PAUSENZEITEN - PAUSENZEITSTUDIE)	166
TAB. 22: T-TEST FÜR GEPAARTE STICHPROBEN (PARAMETER SPRUNGHÖHE; VERGLEICH KONTROLL- UND EINZELSPRÜNGE NACH VERSCHIEDENEN PAUSENZEITEN - PAUSENZEITSTUDIE)	166
TAB. 23: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (VERGLEICH DER MITTELWERTE DER KONTROLL- UND PAUSENZEITSPRÜNGE (GEMITTELT ÜBER 4 SÄTZE))	199
TAB. 24: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (VERGLEICH DER MITTELWERTE DER KONTROLL- UND PAUSENZEITSPRÜNGE (GEMITTELT ÜBER 4 SÄTZE) ..	199
TAB. 25: T-TEST BEI GEPAARTEN STICHPROBEN (VERGLEICH DER MITTELWERTE DER KONTROLL- UND PAUSENZEITSPRÜNGE (GEMITTELT ÜBER 4 SÄTZE)	200
TAB. 26: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (SATZVERGLEICH: SPRÜNGE MIT GLEICHER PAUSENZEIT - PAUSENZEITSTUDIE)	201
TAB. 27: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (SATZVERGLEICH: SPRÜNGE MIT GLEICHER PAUSENZEIT - PAUSENZEITSTUDIE)	201
TAB. 28: T-TEST BEI GEPAARTEN STICHPROBEN (SATZVERGLEICH DER SPRÜNGE NACH EINER MINUTE - PAUSENZEITSTUDIE)	202
TAB. 29: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (VERGLEICH DER SATZMITTELWERTE; GEMITTELT ÜBER DIE VERSCHIEDENEN PAUSENZEITEN)	203
TAB. 30: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (VERGLEICH DER SATZMITTELWERTE; GEMITTELT ÜBER DIE VERSCHIEDENEN PAUSENZEITEN)	203
TAB. 31: DESKRIPTIVE STATISTIK DER PAUSENZEITSTUDIE (PARAMETER DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT IN DER ERSTEN KONZENTRISCHEN BEWEGUNGSPHASE)	203
TAB. 32: NORMALVERTEILUNGSTEST DER PAUSENZEITSTUDIE (PARAMETER DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT IN DER ERSTEN KONZENTRISCHEN BEWEGUNGSPHASE)	204
TAB. 33: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT IN DER ERSTEN KONZENTRISCHEN PHASE – VERGLEICH KONTROLL- UND EINZELNE PAUSENZEITSPRÜNGE - PAUSENZEITSTUDIE)	205
TAB. 34: T-TEST BEI GEPAARTEN STICHPROBEN (DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT IN DER ERSTEN KONZENTRISCHEN PHASE – VERGLEICH KONTROLL- UND EINZELNE PAUSENZEITSPRÜNGE - PAUSENZEITSTUDIE)	206
TAB. 35: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT IN DER ERSTEN KONZENTRISCHEN BEWEGUNGSPHASE – VERGLEICH KONTROLL- UND PAUSENZEITSPRÜNGE GEMITTELT- PAUSENZEITSTUDIE)	209
TAB. 36: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT IN DER ERSTEN KONZENTRISCHEN BEWEGUNGSPHASE – VERGLEICH KONTROLL- UND PAUSENZEITSPRÜNGE GEMITTELT- PAUSENZEITSTUDIE)	209

TAB. 37: T-TEST BEI GEPAARTEN STICHPROBEN (DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT IN DER ERSTEN KONZENTRISCHEN BEWEGUNGSPHASE – VERGLEICH KONTROLL- UND PAUSEZEITSPRÜNGE GEMITTELT- PAUSEZEITSTUDIE)	209
TAB. 38: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT IN DER ERSTEN KONZENTRISCHEN BEWEGUNGSPHASE – SATZWEISER VERGLEICH DER PAUSEZEITSPRÜNGE NACH 10 S - PAUSEZEITSTUDIE)	210
TAB. 39: EINFAKTORIELLE ANOVA (DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT IN DER ERSTEN KONZENTRISCHEN BEWEGUNGSPHASE – SATZWEISER VERGLEICH DER PAUSEZEITSPRÜNGE NACH 10 S - PAUSEZEITSTUDIE)	210
TAB. 40: T-TEST BEI GEPAARTEN STICHPROBEN (DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT IN DER ERSTEN KONZENTRISCHEN BEWEGUNGSPHASE – SATZWEISER VERGLEICH DER PAUSEZEITSPRÜNGE NACH 10 S - PAUSEZEITSTUDIE)	210
TAB. 41: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT IN DER ERSTEN KONZENTRISCHEN BEWEGUNGSPHASE – SATZWEISER VERGLEICH DER PAUSEZEITSPRÜNGE NACH 1 MIN - PAUSEZEITSTUDIE)	211
TAB. 42: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT IN DER ERSTEN KONZENTRISCHEN BEWEGUNGSPHASE – SATZWEISER VERGLEICH DER PAUSEZEITSPRÜNGE NACH 1 MIN - PAUSEZEITSTUDIE)	211
TAB. 43: T-TEST BEI GEPAARTEN STICHPROBEN (DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT IN DER ERSTEN KONZENTRISCHEN BEWEGUNGSPHASE – SATZWEISER VERGLEICH DER PAUSEZEITSPRÜNGE NACH 1 MIN - PAUSEZEITSTUDIE)	211
TAB. 44: MAUCHLY TEST AUF SPHÄRIZITÄT (DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT IN DER ERSTEN KONZENTRISCHEN BEWEGUNGSPHASE – SATZWEISER VERGLEICH DER PAUSEZEITSPRÜNGE NACH 2 MIN - PAUSEZEITSTUDIE)	212
TAB. 45: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT IN DER ERSTEN KONZENTRISCHEN BEWEGUNGSPHASE – SATZWEISER VERGLEICH DER PAUSEZEITSPRÜNGE NACH 2 MIN - PAUSEZEITSTUDIE)	212
TAB. 46: T-TESTS BEI GEPAARTEN STICHPROBEN (DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT IN DER ERSTEN KONZENTRISCHEN BEWEGUNGSPHASE – SATZWEISER VERGLEICH DER PAUSEZEITSPRÜNGE NACH 2 MIN - PAUSEZEITSTUDIE)	212
TAB. 47: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT IN DER ERSTEN KONZENTRISCHEN BEWEGUNGSPHASE – SATZWEISER VERGLEICH DER PAUSEZEITSPRÜNGE NACH 3 MIN - PAUSEZEITSTUDIE)	212
TAB. 48: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT IN DER ERSTEN KONZENTRISCHEN BEWEGUNGSPHASE – SATZWEISER VERGLEICH DER PAUSEZEITSPRÜNGE NACH 3 MIN - PAUSEZEITSTUDIE)	213
TAB. 49: T-TESTS BEI GEPAARTEN STICHPROBEN (DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT IN DER ERSTEN KONZENTRISCHEN BEWEGUNGSPHASE – SATZWEISER VERGLEICH DER PAUSEZEITSPRÜNGE NACH 3 MIN - PAUSEZEITSTUDIE)	213
TAB. 50: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT IN DER ERSTEN KONZENTRISCHEN BEWEGUNGSPHASE – SATZWEISER VERGLEICH DER PAUSEZEITSPRÜNGE NACH 4 MIN - PAUSEZEITSTUDIE)	213
TAB. 51: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT IN DER ERSTEN KONZENTRISCHEN BEWEGUNGSPHASE – SATZWEISER VERGLEICH DER PAUSEZEITSPRÜNGE NACH 4 MIN - PAUSEZEITSTUDIE)	213
TAB. 52: T-TEST BEI GEPAARTEN STICHPROBEN (DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT IN DER ERSTEN KONZENTRISCHEN BEWEGUNGSPHASE – SATZWEISER VERGLEICH DER PAUSEZEITSPRÜNGE NACH 4 MIN - PAUSEZEITSTUDIE)	214
TAB. 53: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT IN DER ERSTEN KONZENTRISCHEN BEWEGUNGSPHASE – SATZWEISER VERGLEICH DER PAUSEZEITSPRÜNGE NACH 5 MIN - PAUSEZEITSTUDIE)	214

TAB. 54: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT IN DER ERSTEN KONZENTRISCHEN BEWEGUNGSPHASE – SATZWEISER VERGLEICH DER PAUSENZEITSPRÜNGE NACH 5 MIN - PAUSENZEITSTUDIE)...	214
TAB. 55: T-TESTS BEI GEPAARTEN STICHPROBEN (DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT IN DER ERSTEN KONZENTRISCHEN BEWEGUNGSPHASE – SATZWEISER VERGLEICH DER PAUSENZEITSPRÜNGE NACH 5 MIN - PAUSENZEITSTUDIE)	215
TAB. 56: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT - SATZVERGLEICH GEMITTELT ÜBER ALLE PAUSENZEITEN (PARAMETER DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT IN DER ERSTEN KONZENTRISCHEN PHASE - PAUSENZEITSTUDIE).....	215
TAB. 57: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG - SATZVERGLEICH GEMITTELT ÜBER ALLE PAUSENZEITEN (PARAMETER DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT IN DER ERSTEN KONZENTRISCHEN PHASE - PAUSENZEITSTUDIE)	215
TAB. 58: T-TEST BEI GEPAARTEN STICHPROBEN – SATZVERGLEICH GEMITTELT ÜBER ALLE PAUSENZEITEN (PARAMETER DURCHSCHNITTSGESCHWINDIGKEIT IN DER ERSTEN KONZENTRISCHEN PHASE - PAUSENZEITSTUDIE).....	216
TAB. 59: DESKRIPTIVE STATISTIK DER PAUSENZEITSTUDIE (PARAMETER: DURCHSCHNITTSKRAFT IN DER ZWEITEN EXZENTRISCHEN PHASE IN WATT)	216
TAB. 60: NORMALVERTEILUNGSTEST (KOLMOGOROV-SMIRNOV-ANPASSUNGSTEST) DER PAUSENZEITSTUDIE (PARAMETER: DURCHSCHNITTSKRAFT IN DER ZWEITEN EXZENTRISCHEN PHASE)	217
TAB. 61: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (DURCHSCHNITTSKRAFT IN DER ZWEITEN EXZENTRISCHEN PHASE – VERGLEICH KONTROLL- UND EINZELNE PAUSENZEITSPRÜNGE - PAUSENZEITSTUDIE).....	217
TAB. 62: T-TEST BEI GEPAARTEN STICHPROBEN (DURCHSCHNITTSKRAFT IN DER ZWEITEN EXZENTRISCHEN PHASE – VERGLEICH KONTROLL- UND EINZELNE PAUSENZEITSPRÜNGE - PAUSENZEITSTUDIE)	218
TAB. 63: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (DURCHSCHNITTSKRAFT IN DER ZWEITEN EXZENTRISCHEN PHASE – VERGLEICH KONTROLL- UND PAUSENZEITSPRÜNGE GEMITTELT - PAUSENZEITSTUDIE)	221
TAB. 64: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (DURCHSCHNITTSKRAFT IN DER ZWEITEN EXZENTRISCHEN PHASE – VERGLEICH KONTROLL- UND PAUSENZEITSPRÜNGE GEMITTELT - PAUSENZEITSTUDIE).....	221
TAB. 65: T-TEST BEI GEPAARTEN STICHPROBEN (DURCHSCHNITTSKRAFT IN DER ZWEITEN EXZENTRISCHEN PHASE – VERGLEICH KONTROLL- UND PAUSENZEITSPRÜNGE GEMITTELT - PAUSENZEITSTUDIE)	221
TAB. 66: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (DURCHSCHNITTSKRAFT IN DER ZWEITEN EXZENTRISCHEN PHASE – SATZWEISER VERGLEICH DER PAUSENZEITSPRÜNGE NACH 10 S - PAUSENZEITSTUDIE).....	222
TAB. 67: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (DURCHSCHNITTSKRAFT IN DER ZWEITEN EXZENTRISCHEN PHASE – SATZWEISER VERGLEICH DER PAUSENZEITSPRÜNGE NACH 10 S - PAUSENZEITSTUDIE)	222
TAB. 68: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (DURCHSCHNITTSKRAFT IN DER ZWEITEN EXZENTRISCHEN PHASE – SATZWEISER VERGLEICH DER PAUSENZEITSPRÜNGE NACH 1 MIN - PAUSENZEITSTUDIE)	223
TAB. 69: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (DURCHSCHNITTSKRAFT IN DER ZWEITEN EXZENTRISCHEN PHASE – SATZWEISER VERGLEICH DER PAUSENZEITSPRÜNGE NACH 1 MIN - PAUSENZEITSTUDIE).....	223
TAB. 70: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (DURCHSCHNITTSKRAFT IN DER ZWEITEN EXZENTRISCHEN PHASE – SATZWEISER VERGLEICH DER PAUSENZEITSPRÜNGE NACH 2 MIN - PAUSENZEITSTUDIE)	223

TAB. 71: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (DURCHSCHNITTSKRAFT IN DER ZWEITEN EXZENTRISCHEN PHASE – SATZWEISER VERGLEICH DER PAUSENZEITSPRÜNGE NACH 2 MIN - PAUSENZEITSTUDIE)	223
TAB. 72: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (DURCHSCHNITTSKRAFT IN DER ZWEITEN EXZENTRISCHEN PHASE – SATZWEISER VERGLEICH DER PAUSENZEITSPRÜNGE NACH 3 MIN - PAUSENZEITSTUDIE)	224
TAB. 73: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (DURCHSCHNITTSKRAFT IN DER ZWEITEN EXZENTRISCHEN PHASE – SATZWEISER VERGLEICH DER PAUSENZEITSPRÜNGE NACH 3 MIN - PAUSENZEITSTUDIE)	224
TAB. 74: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (DURCHSCHNITTSKRAFT IN DER ZWEITEN EXZENTRISCHEN PHASE – SATZWEISER VERGLEICH DER PAUSENZEITSPRÜNGE NACH 4 MIN - PAUSENZEITSTUDIE)	224
TAB. 75: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (DURCHSCHNITTSKRAFT IN DER ZWEITEN EXZENTRISCHEN PHASE – SATZWEISER VERGLEICH DER PAUSENZEITSPRÜNGE NACH 4 MIN - PAUSENZEITSTUDIE)	224
TAB. 76: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (DURCHSCHNITTSKRAFT IN DER ZWEITEN EXZENTRISCHEN PHASE – SATZWEISER VERGLEICH DER PAUSENZEITSPRÜNGE NACH 5 MIN - PAUSENZEITSTUDIE)	225
TAB. 77: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (DURCHSCHNITTSKRAFT IN DER ZWEITEN EXZENTRISCHEN PHASE – SATZWEISER VERGLEICH DER PAUSENZEITSPRÜNGE NACH 5 MIN - PAUSENZEITSTUDIE)	225
TAB. 78: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (DURCHSCHNITTSKRAFT IN DER ZWEITEN EXZENTRISCHEN PHASE – SATZVERGLEICH GEMITTELTE ÜBER VERSCHIEDENE PAUSENZEITSPRÜNGE- PAUSENZEITSTUDIE)	225
TAB. 79: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (DURCHSCHNITTSKRAFT IN DER ZWEITEN EXZENTRISCHEN PHASE – SATZVERGLEICH GEMITTELTE ÜBER VERSCHIEDENE PAUSENZEITSPRÜNGE- PAUSENZEITSTUDIE)	225
TAB. 80: DESKRIPTIVE STATISTIK DER PAUSENZEITSTUDIE (PARAMETER MAXIMALER IMPULS) ..	229
TAB. 81: NORMALVERTEILUNGSTEST (KOLMOGOROV-SMIRNOV-ANPASSUNGSTEST) - PAUSENZEITSTUDIE (MAXIMALIMPULS)	230
TAB. 82: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (MAXIMALIMPULS – VERGLEICH KONTROLL- UND EINZELNE PAUSENZEITSPRÜNGE - PAUSENZEITSTUDIE)	229
TAB. 83: T-TESTS BEI GEPAARTEN STICHPROBEN (MAXIMALIMPULS – VERGLEICH KONTROLL- UND EINZELNE PAUSENZEITSPRÜNGE - PAUSENZEITSTUDIE)	230
TAB. 84: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (PARAMETER MAXIMALIMPULS ABWEICHUNG VON DEN KONTROLLSPRÜNGEN– VERGLEICH DER SPRÜNGE MIT UNTERSCHIEDLICHER PAUSENZEIT (GEMITTELT ÜBER 4 SÄTZE - PAUSENZEITSTUDIE)	233
TAB. 85: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (PARAMETER MAXIMALIMPULS ABWEICHUNG VON DEN KONTROLLSPRÜNGEN– VERGLEICH DER PAUSENZEITEN ÜBER 4 SÄTZE GEMITTELT– PAUSENZEITSTUDIE)	233
TAB. 86: T-TEST BEI GEPAARTEN STICHPROBEN (PARAMETER MAXIMALIMPULS ABWEICHUNG VON DEN KONTROLLSPRÜNGEN – VERGLEICH DER PAUSENZEITEN ÜBER 4 SÄTZE GEMITTELT – PAUSENZEITSTUDIE)	233
TAB. 87: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (PARAMETER MAXIMALIMPULS – SATZWEISER VERGLEICH DER SPRÜNGE MIT GLEICHER PAUSENZEIT - PAUSENZEITSTUDIE)	234
TAB. 88: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (PARAMETER MAXIMALIMPULS – SATZWEISER VERGLEICH DER SPRÜNGE MIT GLEICHER PAUSENZEIT - PAUSENZEITSTUDIE)	235
TAB. 89: T-TEST BEI GEPAARTEN STICHPROBEN(PARAMETER MAXIMALIMPULS– SATZWEISER VERGLEICH DER SPRÜNGE MIT 1 MIN PAUSENZEIT - PAUSENZEITSTUDIE)	236

TAB. 90: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (PARAMETER MAXIMALIMPULS – SATZVERGLEICH GEMITTelt ÜBER DIE VERSCHIEDENEN PAUSENZEITEN - PAUSENZEITSTUDIE)	237
TAB. 91: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (PARAMETER MAXIMALIMPULS – SATZVERGLEICH GEMITTelt ÜBER DIE VERSCHIEDENEN PAUSENZEITEN - PAUSENZEITSTUDIE)	237
TAB. 92: T-TEST BEI GEPAARTEN STICHPROBEN (PARAMETER MAXIMALIMPULS – SATZVERGLEICH GEMITTelt ÜBER DIE VERSCHIEDENEN PAUSENZEITSPRÜNGE - PAUSENZEITSTUDIE)	237
TAB. 93: DESKRIPTIVE STATISTIK DER PAUSENZEITSTUDIE (PARAMETER MAXIMALLEISTUNG) ..	237
TAB. 94: NORMALVERTEILUNGSTEST – PAUSENZEITSTUDIE (PARAMETER MAXIMALLEISTUNG) .	238
TAB. 95: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (PARAMETER MAXIMALLEISTUNG – VERGLEICH EINZELSPRÜNGE – PAUSENZEITSTUDIE)	239
TAB. 96: T-TEST FÜR GEPAARTE STICHPROBEN (PARAMETER MAXIMALLEISTUNG – VERGLEICH EINZELSPRÜNGE – PAUSENZEITSTUDIE)	239
TAB. 97: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (PARAMETER MAXIMALLEISTUNG – VERGLEICH EINZELSPRÜNGE GEMITTelt ÜBER 4 SÄTZE – PAUSENZEITSTUDIE)	242
TAB. 98: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (PARAMETER MAXIMALLEISTUNG – VERGLEICH EINZELSPRÜNGE GEMITTelt ÜBER 4 SÄTZE – PAUSENZEITSTUDIE)	243
TAB. 99: T-TEST BEI GEPAARTEN STICHPROBEN (PARAMETER MAXIMALLEISTUNG – VERGLEICH EINZELSPRÜNGE GEMITTelt ÜBER 4 SÄTZE – PAUSENZEITSTUDIE)	243
TAB. 100: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (PARAMETER MAXIMALLEISTUNG – SATZWEISER VERGLEICH DER SPRÜNGE MIT GLEICHER PAUSENZEIT 10 S – PAUSENZEITSTUDIE)	244
TAB. 101: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (PARAMETER MAXIMALLEISTUNG – SATZWEISER VERGLEICH DER SPRÜNGE MIT GLEICHER PAUSENZEIT 10 S – PAUSENZEITSTUDIE)	244
TAB. 102: T-TEST BEI GEPAARTEN STICHPROBEN (PARAMETER MAXIMALLEISTUNG – SATZWEISER VERGLEICH DER SPRÜNGE MIT GLEICHER PAUSENZEIT 10 S – PAUSENZEITSTUDIE)	244
TAB. 103: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (PARAMETER MAXIMALLEISTUNG – SATZWEISER VERGLEICH DER SPRÜNGE MIT GLEICHER PAUSENZEIT 1 MIN – PAUSENZEITSTUDIE)	245
TAB. 104: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (PARAMETER MAXIMALLEISTUNG – SATZWEISER VERGLEICH DER SPRÜNGE MIT GLEICHER PAUSENZEIT 1 MIN – PAUSENZEITSTUDIE)	245
TAB. 105: T-TEST BEI GEPAARTEN STICHPROBEN (PARAMETER MAXIMALLEISTUNG – SATZWEISER VERGLEICH DER SPRÜNGE MIT GLEICHER PAUSENZEIT 1 MIN – PAUSENZEITSTUDIE)	245
TAB. 106: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (PARAMETER MAXIMALLEISTUNG – SATZWEISER VERGLEICH DER SPRÜNGE MIT GLEICHER PAUSENZEIT 2 MIN – PAUSENZEITSTUDIE)	246
TAB. 107: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (PARAMETER MAXIMALLEISTUNG – SATZWEISER VERGLEICH DER SPRÜNGE MIT GLEICHER PAUSENZEIT 2 MIN – PAUSENZEITSTUDIE)	246
TAB. 108: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (PARAMETER MAXIMALLEISTUNG – SATZWEISER VERGLEICH DER SPRÜNGE MIT GLEICHER PAUSENZEIT 3 MIN – PAUSENZEITSTUDIE)	246
TAB. 109: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (PARAMETER MAXIMALLEISTUNG – SATZWEISER VERGLEICH DER SPRÜNGE MIT GLEICHER PAUSENZEIT 3 MIN – PAUSENZEITSTUDIE)	246
TAB. 110: T-TEST BEI GEPAARTEN STICHPROBEN (PARAMETER MAXIMALLEISTUNG – SATZWEISER VERGLEICH DER SPRÜNGE MIT GLEICHER PAUSENZEIT 3 MIN – PAUSENZEITSTUDIE)	247

TAB. 111: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (PARAMETER MAXIMALLEISTUNG – SATZWEISER VERGLEICH DER SPRÜNGE MIT GLEICHER PAUSENZEIT 4 MIN – PAUSENZEITSTUDIE)	247
TAB. 112: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (PARAMETER MAXIMALLEISTUNG – SATZWEISER VERGLEICH DER SPRÜNGE MIT GLEICHER PAUSENZEIT 4 MIN – PAUSENZEITSTUDIE)	247
TAB. 113: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (PARAMETER MAXIMALLEISTUNG – SATZWEISER VERGLEICH DER SPRÜNGE MIT GLEICHER PAUSENZEIT 5 MIN – PAUSENZEITSTUDIE)	247
TAB. 114: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (PARAMETER MAXIMALLEISTUNG – SATZWEISER VERGLEICH DER SPRÜNGE MIT GLEICHER PAUSENZEIT 5 MIN – PAUSENZEITSTUDIE)	248
TAB. 115: T-TEST BEI GEPAARTEN STICHPROBEN (PARAMETER MAXIMALLEISTUNG – SATZWEISER VERGLEICH DER SPRÜNGE MIT GLEICHER PAUSENZEIT 5 MIN – PAUSENZEITSTUDIE)	248
TAB. 116: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (PARAMETER MAXIMALLEISTUNG – SATZVERGLEICH DER SPRÜNGE MIT VERSCHIEDENEN PAUSENZEITEN – PAUSENZEITSTUDIE)	248
TAB. 117: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (PARAMETER MAXIMALLEISTUNG – SATZVERGLEICH DER SPRÜNGE MIT VERSCHIEDENEN PAUSENZEITEN – PAUSENZEITSTUDIE)	249
TAB. 118: T-TEST BEI GEPAARTEN STICHPROBEN (PARAMETER MAXIMALLEISTUNG – SATZVERGLEICH DER SPRÜNGE MIT VERSCHIEDENEN PAUSENZEITEN – PAUSENZEITSTUDIE)	249
TAB. 119: DESKRIPTIVE STATISTIK (PARAMETER: MITTLERES IEMG DES M. VASTUS LATERALIS – PAUSENZEITSTUDIE)	249
TAB. 120: NORMALVERTEILUNGSTEST (PARAMETER: MITTLERES IEMG DES M. VASTUS LATERALIS – PAUSENZEITSTUDIE)	250
TAB. 121: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (PARAMETER MITTLERES IEMG DES M. VASTUS LATERALIS – VERGLEICH DER KONTROLL- UND EINZELSPRÜNGE – PAUSENZEITSTUDIE)	251
TAB. 122: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (PARAMETER MITTLERES IEMG DES M. VASTUS LATERALIS – VERGLEICH DER KONTROLL- UND PAUSENZEITSPRÜNGE GEMITTELT – PAUSENZEITSTUDIE)	251
TAB. 123: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (PARAMETER MITTLERES IEMG DES M. VASTUS LATERALIS – VERGLEICH DER KONTROLL- UND PAUSENZEITSPRÜNGE GEMITTELT – PAUSENZEITSTUDIE)	251
TAB. 124: T-TEST FÜR GEPAARTE STICHPROBEN (PARAMETER MITTLERES IEMG DES M. VASTUS LATERALIS – VERGLEICH DER KONTROLL- UND PAUSENZEITSPRÜNGE GEMITTELT – PAUSENZEITSTUDIE)	252
TAB. 125: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (PARAMETER MITTLERES IEMG DES M. VASTUS LATERALIS – SATZWEISER VERGLEICH DER SPRÜNGE MIT GLEICHER PAUSENZEIT – PAUSENZEITSTUDIE)	252
TAB. 126: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (PARAMETER MITTLERES IEMG DES M. VASTUS LATERALIS – SATZWEISER VERGLEICH DER SPRÜNGE MIT GLEICHER PAUSENZEIT – PAUSENZEITSTUDIE)	252
TAB. 127: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (PARAMETER MITTLERES IEMG DES M. VASTUS LATERALIS – SATZWEISER VERGLEICH DER SPRÜNGE MIT VERSCHIEDENEN PAUSENZEITEN – PAUSENZEITSTUDIE)	254
TAB. 128: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (PARAMETER MITTLERES IEMG DES M. VASTUS LATERALIS – SATZWEISER VERGLEICH DER SPRÜNGE MIT VERSCHIEDENEN PAUSENZEITEN – PAUSENZEITSTUDIE)	254

TAB. 129: DESKRIPTIVE STATISTIK PAUSENZEITSTUDIE (PARAMETER: MAXIMALE EMG-AMPLITUDE DES M. SOLEUS)	254
TAB. 130: NORMALVERTEILUNGSTEST PAUSENZEITSTUDIE (PARAMETER: MAXIMALE EMG-AMPLITUDE DES M. SOLEUS)	255
TAB. 131: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (PARAMETER: MAXIMALE EMG-AMPLITUDE DES M. SOLEUS – VERGLEICH DER KONTROLL- UND EINZELSPRÜNGE ÜBER 4 SÄTZE)	256
TAB. 132: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (PARAMETER: MAXIMALE EMG-AMPLITUDE DES M. SOLEUS – VERGLEICH DER KONTROLL- UND EINZELSPRÜNGE)	256
TAB. 133: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (PARAMETER: MAXIMALE EMG-AMPLITUDE DES M. SOLEUS – VERGLEICH DER KONTROLL- UND EINZELSPRÜNGE GEMITTelt ÜBER 4 SÄTZE)	256
TAB. 134: T-TEST BEI GEPAARTEN STICHPROBEN (PARAMETER: MAXIMALE EMG-AMPLITUDE DES M. SOLEUS – VERGLEICH DER KONTROLL- UND EINZELSPRÜNGE GEMITTelt ÜBER 4 SÄTZE)	256
TAB. 135: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (PARAMETER: MAXIMALE EMG-AMPLITUDE DES M. SOLEUS – SATZVERGLEICH DER SPRÜNGE MIT GLEICHER PAUSENZEIT)	257
TAB. 136: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (PARAMETER: MAXIMALE EMG-AMPLITUDE DES M. SOLEUS – SATZVERGLEICH DER SPRÜNGE MIT GLEICHER PAUSENZEIT)	257
TAB. 137: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (PARAMETER: MAXIMALE EMG-AMPLITUDE DES M. SOLEUS – SATZVERGLEICH DER SPRÜNGE MIT UNTERSCHIEDLICHER PAUSENZEIT)	258
TAB. 138: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (PARAMETER: MAXIMALE EMG-AMPLITUDE DES M. SOLEUS – SATZVERGLEICH DER SPRÜNGE MIT UNTERSCHIEDLICHER PAUSENZEIT)	259
TAB. 139: DESKRIPTIVE STATISTIK DER PAUSENZEITSTUDIE (PARAMETER: ANTEIL DES M. RECTUS FEMORIS AN DER GESAMTAKTIVITÄT DES M. QUADRICEPS FEMORIS)	259
TAB. 140: NORMALVERTEILUNGSTEST PAUSENZEITSTUDIE (PARAMETER: ANTEIL DES M. RECTUS FEMORIS AN DER GESAMTAKTIVITÄT DES M. QUADRICEPS FEMORIS)	260
TAB. 141: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (PARAMETER: ANTEIL DES M. RECTUS FEMORIS AN DER GESAMTAKTIVITÄT DES M. QUADRICEPS FEMORIS – VERGLEICH VON KONTROLL- UND EINZELSPRÜNGEN NACH VERSCHIEDENEN PAUSENZEITEN - PAUSENZEITSTUDIE)	260
TAB. 142: T-TEST BEI GEPAARTEN STICHPROBEN (PARAMETER: ANTEIL DES M. RECTUS FEMORIS AN DER GESAMTAKTIVITÄT DES M. QUADRICEPS FEMORIS – VERGLEICH VON KONTROLL- UND EINZELSPRÜNGEN NACH VERSCHIEDENEN PAUSENZEITEN - PAUSENZEITSTUDIE)	261
TAB. 143: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (PARAMETER: ANTEIL DES M. RECTUS FEMORIS AN DER GESAMTAKTIVITÄT DES M. QUADRICEPS FEMORIS – VERGLEICH VON KONTROLL- UND EINZELSPRÜNGEN GEMITTelt ÜBER 4 SÄTZE - PAUSENZEITSTUDIE)	264
TAB. 144: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (PARAMETER: ANTEIL DES M. RECTUS FEMORIS AN DER GESAMTAKTIVITÄT DES M. QUADRICEPS FEMORIS – VERGLEICH VON KONTROLL- UND EINZELSPRÜNGEN GEMITTelt ÜBER 4 SÄTZE - PAUSENZEITSTUDIE)	264
TAB. 145: T-TEST BEI GEPAARTEN STICHPROBEN (PARAMETER: ANTEIL DES M. RECTUS FEMORIS AN DER GESAMTAKTIVITÄT DES M. QUADRICEPS FEMORIS – VERGLEICH VON KONTROLL- UND EINZELSPRÜNGEN GEMITTelt ÜBER 4 SÄTZE - PAUSENZEITSTUDIE)	265
TAB. 146: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (PARAMETER: ANTEIL DES M. RECTUS FEMORIS AN DER GESAMTAKTIVITÄT DES M. QUADRICEPS FEMORIS – SATZWEISER VERGLEICH VON SPRÜNGEN MIT GLEICHER PAUSENZEIT - PAUSENZEITSTUDIE)	266

TAB. 147: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (PARAMETER: ANTEIL DES M. RECTUS FEMORIS AN DER GESAMTAKTIVITÄT DES M. QUADRICEPS FEMORIS – SATZWEISER VERGLEICH VON SPRÜNGEN MIT GLEICHER PAUSENZEIT - PAUSENZEITSTUDIE) ...	266
TAB. 148: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT (PARAMETER: ANTEIL DES M. RECTUS FEMORIS AN DER GESAMTAKTIVITÄT DES M. QUADRICEPS FEMORIS – SATZWEISER VERGLEICH VON SPRÜNGEN MIT UNTERSCHIEDLICHER PAUSENZEIT - PAUSENZEITSTUDIE)	267
TAB. 149: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG (PARAMETER: ANTEIL DES M. RECTUS FEMORIS AN DER GESAMTAKTIVITÄT DES M. QUADRICEPS FEMORIS – SATZWEISER VERGLEICH VON SPRÜNGEN MIT UNTERSCHIEDLICHER PAUSENZEIT - PAUSENZEITSTUDIE)	267
TAB. 150: DESKRIPTIVE STATISTIK PAUSENZEITSTUDIE (PARAMETER: ZEIT BIS ZUR MAXIMALEN AKTIVITÄT DES M. BICEPS FEMORIS)	268
TAB. 151: NORMALVERTEILUNGSTEST PAUSENZEITSTUDIE (PARAMETER: ZEIT BIS ZUR MAXIMALEN AKTIVITÄT DES M. BICEPS FEMORIS)	268
TAB. 152: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG - PAUSENZEITSTUDIE (PARAMETER: ZEIT BIS ZUR MAXIMALEN AKTIVITÄT DES M. BICEPS FEMORIS – VERGLEICH KONTROLL- UND EINZELSPRÜNGE).....	269
TAB. 153: T-TEST BEI GEPAARTEN STICHPROBEN - PAUSENZEITSTUDIE (PARAMETER: ZEIT BIS ZUR MAXIMALEN AKTIVITÄT DES M. BICEPS FEMORIS – VERGLEICH KONTROLL- UND EINZELSPRÜNGE).....	269
TAB. 154: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT - PAUSENZEITSTUDIE (PARAMETER: ZEIT BIS ZUR MAXIMALEN AKTIVITÄT DES M. BICEPS FEMORIS – VERGLEICH KONTROLL- UND SPRÜNGE MIT GLEICHER PAUSENZEIT GEMITTELT)	273
TAB. 155: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG - PAUSENZEITSTUDIE (PARAMETER: ZEIT BIS ZUR MAXIMALEN AKTIVITÄT DES M. BICEPS FEMORIS – VERGLEICH KONTROLL- UND SPRÜNGE MIT GLEICHER PAUSENZEIT GEMITTELT)	273
TAB. 156: T-TEST BEI GEPAARTEN STICHPROBEN - PAUSENZEITSTUDIE (PARAMETER: ZEIT BIS ZUR MAXIMALEN AKTIVITÄT DES M. BICEPS FEMORIS – VERGLEICH KONTROLL- UND SPRÜNGE MIT GLEICHER PAUSENZEIT GEMITTELT)	273
TAB. 157: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT - PAUSENZEITSTUDIE (PARAMETER: ZEIT BIS ZUR MAXIMALEN AKTIVITÄT DES M. BICEPS FEMORIS – SATZWEISER VERGLEICH SPRÜNGE MIT GLEICHER PAUSENZEIT)	274
TAB. 158: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG - PAUSENZEITSTUDIE (PARAMETER: ZEIT BIS ZUR MAXIMALEN AKTIVITÄT DES M. BICEPS FEMORIS – SATZWEISER VERGLEICH SPRÜNGE MIT GLEICHER PAUSENZEIT).....	274
TAB. 159: MAUCHLY-TEST AUF SPHÄRIZITÄT - PAUSENZEITSTUDIE (PARAMETER: ZEIT BIS ZUR MAXIMALEN AKTIVITÄT DES M. BICEPS FEMORIS – SATZVERGLEICH GEMITTELT ÜBER UNTERSCHIEDLICHE PAUSENZEITEN)	275
TAB. 160: EINFAKTORIELLE ANOVA MIT MESSWIEDERHOLUNG - PAUSENZEITSTUDIE (PARAMETER: ZEIT BIS ZUR MAXIMALEN AKTIVITÄT DES M. BICEPS FEMORIS – SATZVERGLEICH GEMITTELT ÜBER UNTERSCHIEDLICHE PAUSENZEITEN).....	275
TAB. 161: T-TEST BEI GEPAARTEN STICHPROBEN - PAUSENZEITSTUDIE (PARAMETER: ZEIT BIS ZUR MAXIMALEN AKTIVITÄT DES M. BICEPS FEMORIS – SATZVERGLEICH GEMITTELT ÜBER UNTERSCHIEDLICHE PAUSENZEITEN)	276
TAB. 162: DESKRIPTIVE STATISTIK DER TRAININGSGRUPPEN „EMS+PLYO“ UND „KRAFT+PLYO“ BEIM PRE- BZW. POSTTEST (PARAMETER: ALTER, GRÖÖE, GEWICHT, BMI)	276
TAB. 163: VERGLEICH ZWISCHEN DEN TRAININGSGRUPPEN „EMS+PLYO“ UND „KRAFT+PLYO“ BEIM PRE- BZW. POSTTEST (PARAMETER: ALTER, GRÖÖE, GEWICHT, BMI)	277

TAB. 164: DESKRIPTIVE STATISTIK VERSCHIEDENER PARAMETER DES SJ UND CMJ DER TRAININGSGRUPPE „EMS+PLYO“	277
TAB. 165: DESKRIPTIVE STATISTIK VERSCHIEDENER PARAMETER DES SJ UND CMJ DER TRAININGSGRUPPE „KRAFT+PLYO“	277
TAB. 166: VERGLEICH DER BEIDEN TRAININGSGRUPPEN „EMS+PLYO“ UND „KRAFT+PLYO“ BEIM PRETEST SJ	278
TAB. 167: VERGLEICH DER BEIDEN TRAININGSGRUPPEN „EMS+PLYO“ UND „KRAFT+PLYO“ BEIM POSTTEST SJ	278
TAB. 168: WILCOXON-TEST DER TRAININGSGRUPPE „EMS+PLYO“ SJ	278
TAB. 169: WILCOXON-TEST DER TRAININGSGRUPPE „KRAFT+PLYO“ SJ	278
TAB. 170: VERGLEICH DER BEIDEN TRAININGSGRUPPEN „EMS+PLYO“ UND „KRAFT+PLYO“ BEIM PRETEST CMJ	279
TAB. 171: VERGLEICH DER BEIDEN TRAININGSGRUPPEN „EMS+PLYO“ UND „KRAFT+PLYO“ BEIM POSTTEST CMJ	279
TAB. 172: WILCOXON-TEST DER TRAININGSGRUPPE „EMS+PLYO“ CMJ	279
TAB. 173: WILCOXON-TEST DER TRAININGSGRUPPE „KRAFT+PLYO“ CMJ	279
TAB. 174: VERGLEICH DER BEIDEN TRAININGSGRUPPEN „EMS+PLYO“ UND „KRAFT+PLYO“ BEIM PRE- UND POSTTEST DJ	279
TAB. 175: WILCOXON-TEST DER TRAININGSGRUPPE „EMS+PLYO“ DJ	280
TAB. 176: WILCOXON-TEST DER TRAININGSGRUPPE „KRAFT+PLYO“ DJ	280
TAB. 177: DESKRIPTIVE STATISTIK DES PARAMETERS REICHHÖHE DER TRAININGSGRUPPE „EMS+PLYO“	280
TAB. 178: DESKRIPTIVE STATISTIK DES PARAMETERS REICHHÖHE DER TRAININGSGRUPPE „KRAFT+PLYO“	280
TAB. 179: VERGLEICH DER BEIDEN TRAININGSGRUPPEN „EMS+PLYO“ UND „KRAFT+PLYO“ BEIM PRE- UND POSTTEST - REICHHÖHE MIT 3-SCHRITT-ANLAUF	281
TAB. 180: WILCOXON-TEST DER TRAININGSGRUPPE „EMS+PLYO“ – REICHHÖHE MIT 3-SCHRITT-ANLAUF	281
TAB. 181: WILCOXON-TEST DER TRAININGSGRUPPE „KRAFT+PLYO“ – REICHHÖHE MIT 3-SCHRITT-ANLAUF	281
TAB. 182: VERGLEICH DER BEIDEN TRAININGSGRUPPEN „EMS+PLYO“ UND „KRAFT+PLYO“ BEIM PRE- UND POSTTEST - AUSGEWÄHLTE STATISCHE KRAFT- BZW. SCHNELLKRAFTPARAMETER	281
TAB. 183: WILCOXON-TEST DER TRAININGSGRUPPE „EMS+PLYO“ – AUSGEWÄHLTE STATISCHE KRAFT- BZW. SCHNELLKRAFTPARAMETER	282
TAB. 184: WILCOXON-TEST DER TRAININGSGRUPPE „KRAFT+PLYO“ – AUSGEWÄHLTE STATISCHE KRAFT- BZW. SCHNELLKRAFTPARAMETER	282
TAB. 185: VERGLEICH DER BEIDEN TRAININGSGRUPPEN „EMS+PLYO“ UND „KRAFT+PLYO“ BEIM PRETEST - SPRINTPARAMETER	282
TAB. 186: VERGLEICH DER BEIDEN TRAININGSGRUPPEN „EMS+PLYO“ UND „KRAFT+PLYO“ BEIM POSTTEST - SPRINTPARAMETER	283
TAB. 187: WILCOXON-TEST DER TRAININGSGRUPPE „EMS+PLYO“ – AUSGEWÄHLTE SPRINTPARAMETER	283
TAB. 188: WILCOXON-TEST DER TRAININGSGRUPPE „KRAFT+PLYO“ – AUSGEWÄHLTE SPRINTPARAMETER	284

7.2. Abbildungsverzeichnis

ABB. 1: VERANSCHAULICHUNG DER SCHNELLKRAFTFÄHIGKEITEN ANHAND EINER KRAFT-ZEIT-KURVE (AUS HOHMANN ET AL., 2003, S. 80; BÜHRLE, 1985, S. 86)	3
ABB. 2: EINFLUßGRÖßEN UND KOMPONENTEN DER SCHNELLKRAFT BEI KONZENTRISCHEN UND ISOMETRISCHEN KONTRAKTIONEN UND DER IM DEHNUNGS-VERKÜRZUNGS-ZYKLUS PRODUZIERTEN SCHNELLKRAFT (SCHMIDTBLEICHER, 1985, S. 1791).....	4
ABB. 3: ZEITLICHE VERLÄUFE DER PARAMETER KRAFT, GESCHWINDIGKEIT, LEISTUNG UND WEG WÄHREND EINES CMJ (CORMIE ET AL., 2009, S. 180)	5
ABB. 4: A: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DES KRAFT- GESCHWINDIGKEITSVERHALTENS DER MENSCHLICHEN MUSKULATUR WÄHREND EXZENTRISCHER UND KONZENTRISCHER MUSKELARBEIT UND VERSCHIEDENER AKTIVIERUNGSGRAD (REEVES ET AL., 2009, S. 826) B: TRAININGSBEDINGTE VERÄNDERUNGEN DER KRAFT-GESCHWINDIGKEITSBEZIEHUNG WÄHREND EINES CMJ (CORMIE ET AL., 2009, S. 184).....	7
ABB. 5: HYPOTHETISCHE KRAFT-P Ca^{2+} -BEZIEHUNG (MACINTOSH & RASSIER, 2002, S. 46).	8
ABB. 6: DARSTELLUNG VERSCHIEDENER EINFLUSSFAKTOREN AUF ERMÜDIGUNGS- UND POTENZIERUNGSPROZESSE UND IN DESSEN FOLGE AUF DIE AKUTE LEISTUNGSENTFALTUNG (TILLIN & BISHOP, 2009, S. 157).....	8
ABB. 7: DARSTELLUNG DER SIMULTANEN BZW. SUKZESSIVEN WIRKUNG VON ERMÜDIGUNGS- UND POTENZIERUNGSPROZESSEN ANHAND VERSCHIEDENER PARAMETER IN ZWEI PROBANDENGRUPPEN (HAMADA ET AL., 2000A, S. 2136).....	9
ABB. 8: VERLAUF VON ERMÜDIGUNGS- UND POTENZIERUNGSEFFEKTEN WÄHREND UND NACH 16 (1) BZW. 5 (2) MVC ANHAND DER PARAMETER (1) MAXIMALDREHMOMENT UND (2) AMPLITUDENHÖHE DES H-REFLEXES DES M. GASTROCNEMIUS LATERALIS (1: HAMADA ET AL., 2003, S. 169; 2: GÜLLICH & SCHMIDTBLEICHER, 1996, S. 75).....	10
ABB. 9: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DES LEISTUNGSVERLAUFS UNTER DEM EINFLUSS VON ERMÜDIGUNGS- UND POTENZIERUNGSPROZESSEN WÄHREND UND NACH EINER BELASTUNG (TILLIN & BISHOP, 2009, S. 156).....	10
ABB. 10: DARSTELLUNGSFORMEN DER POSTAKTIVEN POTENZIERUNG (SALE, 2002, S. 139, 140)	12
ABB. 11: DARSTELLUNG DER PAP IM VERLAUF SICH WIEDERHOLERENDER EINZELSTIMULATIONEN (A: MACINTOSH & RASSIER, 2002, S. 44) UND (B) DES WIRKUNGSBEREICHES IM KRAFT- BZW. LAST- GESCHWINDIGKEITS-ZUSAMMENHANG DER DIE WIRKUNG AUF DIE KRAFTENTWICKLUNGSRATE WÄHREND EXPLOSIVER BEWEGUNGEN SYMBOLISIERT (SALE, 2002, S. 141)	13
ABB. 12: STRUKTURVERANSCHAULICHUNG DER NACHWEISPROZEDUR ZUR REFLEXINTENSITÄT (M- UND H-WAVE) MITTELS NERVENSTIMULATION (A) UND DER LOKALITÄT DER LEICHTEN (RLC) MYOSINKETTEN (B); (TILLIN & BISHOP, 2009, S. 151, 149).....	13
ABB. 13: FASERSPEKTRUM DER SKELETTMUSKULATUR MIT VON LINKS NACH RECHTS ANSTIEGENDER KONTRAKTIONSSCHNELLKEIT, ENTSPANNUNGSFÄHIGKEIT UND ERMÜDBARKEIT (NACH TIDOW & WIEMANN, 1994, S. 12)	15
ABB. 14: EINFLUSS DER FAKTOREN TRAININGSSTATUS (A) UND KONTRAKTIONSART (B) AUF DIE ENTFALTUNG DER PAP (HAMADA ET AL., 2000A, S. 407; BABAUT ET AL., 2008, S. 739).....	16
ABB. 15: ZEITLICHER VERLAUF DER PAP-WIRKUNG ANHAND VERSCHIEDENER PARAMETER NACH MVC VON 10 s BZW. 7 s (A: TILLIN, 2009, S. 149; B: O'LEARY ET AL., 1997, S. 2135)	17
ABB. 16: ERMÜDIGUNGSBEDINGTE ABNAHMEN DER ISOMETRISCHEN MAXIMALKRAFT, EXPLOSIVKRAFT UND ENTSPANNUNGSRATE NACH EINER ISOMETRISCHEN	

AUSBELASTUNG (CA. 36 S BEI 60 % DES MAXIMALEN MVC) UND 3 MIN PAUSE (HAKKINEN ET AL., 1986, S. 591).....	18
Abb. 17: ERMÜDUNGSBEDINGTE VERÄNDERUNGEN AUSGEWÄHLTER PARAMETER NACH ERMÜDUNGSINDUZIERENDEN BELASTUNGEN DER FINGERBEUGER (A, B, D: EINARS & MÜLLER-LIMMROTH, 1980, S. 208, 209) UND DER MUSCULI VASTUS MEDIALIS, VASTUS LATERALIS UND RECTUS FEMORIS (C: HAKKINEN, 1993, S. 56)	21
Abb. 18: DARSTELLUNG DER EINFLUSSFAKTOREN MUSKELFASERART (A; HAMADA ET AL., 2003, S. 169) BZW. TRAININGSHINTERGRUND (B; HAMADA ET AL., 2000B, S. 407) AUF DEN ZEITLICHEN VERLAUF AUSGEWÄHLTER PARAMETER (A: MAXIMALES DREHMOMENT; B: HALBENTSPANNUNGSZEIT) WÄHREND UND NACH MVC-BELASTUNGEN.....	22
Abb. 19: WIRKUNGSBEREICHE EINES MAXIMALKRAFTTRAININGS UND EINES EXPLOSIV- BALLISTISCHEN TRAININGS IM KRAFT-ZEIT-VERLAUF EINES ISOMETRISCHEN MAXIMALKRAFTTESTS (NEWTON & KRAEMER, 1994, S. 24).....	23
Abb. 20: VERÄNDERUNGEN AUSGEWÄHLTER PARAMETER WÄHREND DES CMJ NACH EINEM 12-WÖCHIGEN SCHNELLKRAFTTRAINING (CORMIE ET AL., 2009, S. 183)	26
Abb. 21: FLUGZEIT (MS) WÄHREND DES CMJ NACH EINER VORBELASTUNG MIT 5-RM KNIEBEUGE IN ABHÄNGIGKEIT VON DER PAUSENZEIT (COMYNS ET AL., 2006, S. 473).....	45
Abb. 22: SPRUNGHÖHE WÄHREND DES CMJ NACH EINER VORBELASTUNG MIT 3-RM KNIEBEUGE IN ABHÄNGIGKEIT VON DER PAUSENZEIT (CREWETHER ET AL., 2011, S. 3321) ..	45
Abb. 23: SPRUNGHÖHE WÄHREND DES CMJ NACH EINER VORBELASTUNG MIT 5-RM KNIEBEUGE IN ABHÄNGIGKEIT VON DER PAUSENZEIT UND DEM GESCHLECHT (JENSEN & EBBEN, 2003, S. 348).....	45
Abb. 24: EFFEKTGRÖßEN DER MUSKELLEISTUNG NACH EINER VORBELASTUNG MIT HOHEM ZUSATZGEWICHT IN ABHÄNGIGKEIT VON DER PAUSENZEIT UND DEM TRAININGSZUSTAND (WILSON ET AL., 2013, S. 856)	45
Abb. 25: INDIVIDUELLE MAXIMALLEISTUNGEN WÄHREND DES CMJ NACH EINER VORBELASTUNG MIT 5-RM KNIEBEUGE IN ABHÄNGIGKEIT VON DER PAUSENZEIT (NIBALI ET AL., 2011, S. 6)	45
Abb. 26: VERTIKALE WEG-ZEIT-, GESCHWINDIGKEITS-ZEIT- UND KRAFT-ZEIT-VERLÄUFE BEIM COUNTER-MOVEMENT-JUMP (OLIVIER & ROCKMANN, 2003, S. 43).....	57
Abb. 27: SPRUNGHÖHE NACH UNTERSCHIEDLICHEN PAUSENZEITEN (4 SÄTZE)	59
Abb. 28: SPRUNGHÖHEN DER KONTROLLSPRÜNGE UND DER SPRÜNGE NACH VERSCHIEDENEN PAUSENZEITEN	59
Abb. 29: SPRUNGHÖHEN DER SPRÜNGE MIT 1 MIN PAUSENZEIT	60
Abb. 30: DURCHSCHNITTliche BEWEGUNGSGESCHWINDIGKEIT IN DER ERSTEN KONZENTRISCHEN PHASE DES CMJ (PAUSENZEITSPRÜNGE GEMITTELT ÜBER 4 SÄTZE)	61
Abb. 31: DURCHSCHNITTliche BEWEGUNGSGESCHWINDIGKEIT ALLER SPRÜNGE IN DER ERSTEN KONZENTRISCHEN PHASE DES CMJ (SPRÜNGE UNTERSCHIEDLICHER PAUSENZEITEN GEMITTELT ÜBER 4 SÄTZE).....	61
Abb. 32: DURCHSCHNITTliche KRAFT IN DER ZWEITEN EXZENTRISCHEN PHASE DES CMJ (PAUSENZEITEN GEMITTELT ÜBER ALLE 4 SÄTZE).....	63
Abb. 33: MAXIMALIMPULS NACH UNTERSCHIEDLICHEN PAUSENZEITEN (4 SÄTZE)	64
Abb. 34: ABWEICHUNG DES MAXIMALIMPULSES NACH VERSCHIEDENEN PAUSENZEITEN GEGENÜBER DEM MW DER KONTROLLSPRÜNGE	64
Abb. 35: SATZDARSTELLUNG DES MAXIMALIMPULSES DER SPRÜNGE MIT UNTERSCHIEDLICHEN PAUSENZEITEN	65
Abb. 36: MAXIMALIMPULS DER VERSCHIEDENEN SÄTZE GEMITTELT ÜBER VERSCHIEDENE PAUSENZEITEN	65
Abb. 37: MAXIMALE LEISTUNG WÄHREND DER KONZENTRISCHEN PHASE DES CMJ ZU VERSCHIEDENEN ZEITPUNKTEN	66

ABB. 38: MAXIMALE LEISTUNG IN DEN SÄTZEN (GEMITTELT ÜBER DIE VERSCHIEDENEN PAUSEZEITEN)	67
ABB. 39: MITTLERES IEMG DES M. VASTUS LATERALIS ZU VERSCHIEDENEN ZEITPUNKTEN VOR (KONTROLLSPRÜNGE) UND NACH DER BELASTUNG	68
ABB. 40: MAXIMALE EMG-AMPLITUDE (MV) DES M. SOLEUS ZU VERSCHIEDENEN ZEITPUNKTEN (GEMITTELT ÜBER 4 SÄTZE)	69
ABB. 41: PROZENTUALER ANTEIL DES M. RECTUS FEMORIS AN DER GESAMTAKTIVITÄT (100 %) DES M. QUADRICEPS FEMORIS	71
ABB. 42: ZEIT (S) DES M. BICEPS FEMORIS BIS ZUR MAXIMALEN AKTIVITÄT ZU VERSCHIEDENEN ZEITPUNKTEN	72
ABB. 43: EINTEILUNG DER PROBANDENGRUPPEN/ STUDIENDESIGN	102
ABB. 44: PROBANDINNEN WÄHREND DES EMS-TRAININGS	104
ABB. 45: PROBANDIN WÄHREND DES WADENHEBENS	104
ABB. 46: PROBANDIN WÄHREND DER HALBKNIEBEUGE	104
ABB. 47: PROBANDIN WÄHREND DER BEIDBEINIGEN HÜRDENSPRÜNGE	105
ABB. 48: PROBANDIN WÄHREND DES UMSETZENS	105
ABB. 49: PROBANDIN WÄHREND DER EINBEINIGEN VERTIKALSPRÜNGE	105
ABB. 50: PROBANDINNEN WÄHREND DER DROP JUMPS	105
ABB. 51: PROBANDIN WÄHREND DER EINBEINIGEN CMJ	105
ABB. 52: PROBAND WÄHREND DER STATISCHEN KRAFTMESSUNG	109
ABB. 53: PROBAND WÄHREND DER DYNAMISCHEN SCHNELLKRAFTMESSUNG	109
ABB. 54: PROBAND WÄHREND DES SPRINTTESTS LATERAL	109
ABB. 55: MESSGERÄT REICHHÖHE MIT ANLAUF	109
ABB. 56: GÜLTIGE UND UNGÜLTIGE AUSFÜHRUNG EINES SQUAT JUMPS (PAILLARD, 2008, S. 1275)	111
ABB. 57: VERÄNDERUNGEN DES PARAMETERS SPRUNGHÖHE - SQUAT JUMP NACH 5-WÖCHIGEM TRAINING	111
ABB. 58: VERÄNDERUNGEN DES PARAMETERS SPRUNGHÖHE - CMJ NACH 5-WÖCHIGEM TRAINING	111
ABB. 59: VERÄNDERUNGEN DES PARAMETERS REICHHÖHE MIT 3-SCHRITT-ANLAUF NACH 5-WÖCHIGEM TRAINING	111

7.3. Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Begriff
Abb.	Abbildung
ATP	Adenosintriphosphat
bzw.	beziehungsweise
CMJ	Counter-Movement-Jump
DJ	Drop Jump
DVZ	Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus
EKA	Explosivkraftindex
EMS	Elektromyostimulation
etc.	et cetera
EWM	Einerwiederholungsmaximum
h	Stunde

Hz	Hertz
ICC	Intraclass Correlation Coefficient
i. d. R.	in der Regel
IEMG	integriertes Elektromyogramm
J&R	jump and reach
kon	konzentrisch
m	Meter
mA	Milliampere
min	Minute
mlc	myosin light chain
ms	Millisekunde
MV(I)C	maximal voluntary (isometric) contraction
N	Newton
n.s.	nicht signifikant
P bzw. Plyo	Plyometrie
PAP	postaktive Potenzierung
RFD	Rate of force developement
PAD	postaktive Depression
PTP	Posttetanische Potenzierung
RJ	Running Jumps
rlc	regulatory light chain
RM	repetition maximum
s	Sekunde
Sig.	Signifikanz
SJ	squat jump
SSC	Stretch-Shortening-Cycle
syn.	synonym
Tab.	Tabelle
TE	Trainingseinheit
u. a.	unter anderem
vgl.	vergleiche
W	Watt
yd	Yard
z. B.	zum Beispiel

Tab. 18: Trainingsstudien zum Vergleich von Einzel- und Kombinationsmethoden zur Schnellkraftsteigerung

Autor	Zeitraum	Probanden	Inhalte und Methoden	Kontrolltests	ausgewählte Ergebnisse (Verbesserungen)
Adams et al. (1992)	6 Wochen (2 x pro Woche)	Sportstudenten (4 x N = 12)	Einzelmethoden (E): E1 = Kniebeuge progressiv von 4 x 8 mit 70 % bis 2 x 2 mit 100 % (1 x pro Woche) und 2 x 8 mit 50 % bis 1 x 8 mit 70 % (1 x pro Woche); E2 = Plyometrie mit Tief-Hochsprüngen (3 x 10 bis 2 x 6 mit 51-114 cm), beidbeinigen Weitsprüngen (3 – 2 x 15 m), Ausfallsprünge (1 x 10 bis 3 x 6); E3 = Kontrollgruppe Kombinationsmethode (K): (s.o. Summation aus E1 + E2 (-25 % Trainingsumfang und Intensität) mit abwechselnder Reihenfolge in den TE; Kombination erfolgte in einer TE)	Vertikaler Sprung	E1: 3,3 cm E2: 3,8 cm K: 10,7 cm
Arabatzi et al. (2010)	8 Wochen (3 x pro Woche)	Sportstudenten (4 x N = 8-10)	Einzelmethoden: E1 = Olympisches Gewichtheben (je 4-6 x 6-4-RM Umsetzen, Reißen, Stoßen, Hoher Zug, Halbkniebeuge); E2 = plyometrisches Training (je 4-6 x 6Wdh. Hürdensprünge beidbeinig, einbeinige Hürdensprünge, Weitsprung beidbeinig); E3 = Kontrollgruppe; Kombinationsmethode (K) = (Summation E1 + E2);	SJ und CMJ	SJ (Sprunghöhe): E1 (+20,3 %); E2 (+14,1 %); E3 (n.s.); K (+14,6 %) SJ (Muskelaktivität): Erhöhungen (n.s.) im m. rectus femoris und m. gastrocnemius (E1, E2, K) CMJ (Sprunghöhe): E1 (+15,0 %); E2 (+14,6 und); E3 (n.s.); K (+15,0 %) CMJ (Kinematik): E1 (vergrößerter Knie- und Hüftwinkel); E2 (verkleinerter Kniewinkel); E3 (n.s.); K (verkleinerter Hüftwinkel) CMJ (Leistung ex): E1 (+57 %); E2 (+78 %); E3 (n.s.); K (+41 %) CMJ (Leistung kon): E1 (+49 %); E2 (n.s.); E3 (n.s.); K (n.s.)
Herrero et al. (2006)	4 Wochen (2-4 x pro Woche)	40 Sportstudenten (4 x N = 9-11)	Einzelmethoden (2 x pro Woche): E1 = Elektromyostimulation; E2 = progressives plyometrisches Training mit 90-105 Sprüngen (Weitsprünge und DJ) pro TE; E3 = Kon-	20 m-Sprint; SJ; CMJ; isometrische Maximalkraft	20 m-Sprint: 2,4 % (E1); -2,3 % (K) SJ: 7,5 % (K) CMJ: 7,3 % (K)

			trollgruppe Kombinationsmethode (K) = E1 + E2; Kombination an unterschiedlichen Tagen	(MK); Muskelquerschnitt (MQ)	MK: 9,1 % (E1); 16,3 % (K) MQ: 9,0 % (E1); 7,1 % (K)
Fatouros et al. (2000)	12 Wochen (3 x pro Woche)	41 untrainierte Männer (4 x N = 10-11)	Einzelmethoden: E1 = Krafttraining mit: Kniebeuge, Beinpresse, Beincurls, Wadenheben (Woche 1-8 ca. 70 % EWM), Kniebeugesprünge, Umsetzen, Reißen, Ausstoßen (Woche 9-12 mit 80-95 % EWM); E2 = plyometrisches Training (ein- und beidbeinig) progressiv mit: SJ, Banksprünge, 3-er Hops, Schrittsprunglauf, Tiefsprünge, Kastensprünge (TE zwischen 120-220 Bodenkontakten und 30-80 cm Hindernishöhen); E3 = Kontrollgruppe Kombinationsmethoden (K) = Summation aus E1 + E2 mit Kombination an einem Tag und Krafttraining 180 min nach plyometrischem Training	Jump and Reach; Sprungtest 15 s und 60 s; EMW-Test für Kniebeuge und Beinpresse	E1: 9,3 % (J&R in cm), 24,7 % (15 s Leistung in W/kg), 39 % (15 s Sprungindex = Flugzeit ² /Bodenkontaktzeit); 14,6 % (Beinpresse); 21,7 % (Kniebeuge) E2: 11,3 % (J&R in cm), 25,6 % (15 s Leistung in W/kg), 57 % (15 s Sprungindex = Flugzeit ² /Bodenkontaktzeit); 9 % (Beinpresse); 12,4 % (Kniebeuge) K: 14,6 % (J&R in cm), 39,3 % (15 s Leistung in W/kg), 81 % (15 s Sprungindex = Flugzeit ² /Bodenkontaktzeit); 62,8 % (Beinpresse); 28,9 % (Kniebeuge)
Kramer et al. (1993)	9 Wochen (3 x pro Woche je 60 min)	24 Ruderer (1 x N = 11, 1 x N = 13)	Einzelmethode: E1 = progressives Krafttraining (80 % EWM) mit 4 x 8-10 erster Zug, je 6 x 5 bzw. 4 x 10 mit Halbkniebeuge und Beinpresse Kombinationsmethode (K): siehe E1 + progressive Plyometrie mit: 3-5 x 10-20 SJ, 3 - 10 Treppensprünge (21 cm), 3 x 5-20 Banksprünge, 1-3 x 5-10 DJ (30 cm); Kombination in einer TE mehrere Sätze Krafttraining vor Plyometriesätzen	Beinpresse (EWM), Jump and Reach (CMJ), Isokinetische Beinstreckung	Beinpresse: E1 (15,5 %) und K (16,0 %) Jump and Reach (CMJ): E1 (5,6 %) und K (5,5 %) Isokinetische Beinstreckung: konzentrisch (Durchschnitts- und Spitzenleistung): E1 (4,2 %; 4,7 %); K (5,2 %; 5,2 %) exzentrisch: E1 (-6,4 %; -3,7 %); K (5,2 %; 17,0 %)
Rahimi & Dehpur (2005)	6 Wochen (2 x pro Woche)	48 Sportstudenten (4 x N = 10-14)	Einzelmethoden: E1 = progressives plyometrisches Training (PT) mit je 3-4 x 6-8Wdh. DJ (0,4-0,75 m), Ausfallkniebeugesprung, Kastenauf- und Absprünge; E2 = progressives Krafttraining mit 4 x 10Wdh. (40 % EWM) bis 4 x 6Wdh. (100 % EWM); E3 =	Vertikaler Sprung (jump and reach), 50-yard-Sprint, Maximalkraft	J&R: 8,7 cm/ 20,0 % (E1); 7,2 cm/ 16,5 % (E2); 14,5 cm/ 32,9 % (K) MK: 26,1kg/ 30,9 % (E1); 64,1kg/ 78,4 % (E2); 49,3kg/ 54,6 % (K) Sprint: -0,3 s/ -4,5 % (E1); -0,3 s/ -4,4 % (E2); -

			Kontrollgruppe Kombinationsmethode: K = E1 + E2 (Umfang und Intensität um 25 % reduziert)	(EWM-Kniebeuge)	1,1 s/ -16,2 % (K)
Rahimi et al. (2006)	6 Wochen (2 x pro Woche)	Sportstudenten (4 x N = 10-14)	Einzelmethoden: E1 = progressive Plyometrie mit 3 x 6 bis 4 x 8 für Tiefsprünge (40-75 cm), Ausfallkniebeugesprünge, vertikale Einbeinsprünge, Kastensprünge (40-75 cm); E2 =progressives Krafttraining mit je 4 x 10 bis 4 x 6 und 40-100 % EWM für Kniebeuge, Beinpresse, Beinstreckung; E3 = Kontrollgruppe ohne Training Kombinationsmethode (K): (s.o. Summation aus E1 + E2 (-25 % Trainingsumfang und Intensität) ohne Angabe der Kombinationsart	Fahrradergometertest 15 s und 60 s	15 s-Test: E1 = 37,6 %; E2 = 16,2 %; K = 65,5 % 60 s-Test: E1 = 23,6 %; E2 = 25,0 %; K = 49,1 %
Clutch et al. (1983)	16 Wochen (2 x pro Woche)	16 Sportstudenten und 16 Volleyballer (2 x N = 16)	Einzelmethode (E): 4 x 10 DJ (0,75-1,1 m) Kombinationmethode (K): Einzelmethode + Krafttraining mit je 3 x 6 Wdh. für 1. Zug und Kniebeuge (80 % EWM) (keine genaue Angabe der Kombinationsart)	Jump and Reach	Sportstudenten: E = -0,11 cm, K = 3,7 cm Volleyballer: E = 4,3 cm, K = 3,2 cm
Clutch et al. (1983)	3 x 4 Wochen (2 x pro Woche)	12 Sportstudenten (4 x N = 12)	Komplexmethoden: progressives Krafttraining mit 3 x 4-6 Wdh./EWM Kniebeuge und K1 = 4 x 10 CMJ; K2 = 4 x 10 DJ (0,3 m); K3 = 4 x 10 DJ (0,75-1,1 m); K4 = Kontrollgruppe; (Kombination: mehrere Sätze plyometrisches Training gefolgt von mehreren Sätzen Krafttraining)	EWM, isometrischer Maximalkrafttest (IM), Jump and Reach	EWM: K1 = 18,6kg; K2 = 10,6kg; K3 = 14,6kg IM: K1 = 4,6kg; K2 = 4,5kg; K3 = 6,0kg J&R: K1 = 2,1 cm; K2 = 3,4 cm; K3 = 3,0 cm
Toumi et al. (2004)	6 Wochen (4 x pro Woche)	22 Handballspieler (3 x N = 6-8) in der 3. Liga	Einzelmethoden: E1 = Krafttraining in einer Beinpresse mit 6 x 10Wdh. mit 70 % MIC und 3 min Satzpause; E2 = Kontrollgruppe Kombinationsmethode (K): Beinpresse s.o. und 3 x 5Wdh. CMJ mit 3 s Pause zwischen den Wdh. und 3 min Satzpause	Statische und dynamische Maximalkraft, SJ, CMJ, EMG, Video	SJ: E1 = 9,1 %, K = 11,3 % CMJ: E1 = n.s., K = 13,2 % EMG-CMJ: E1 = n.s., K = Aktivitätssteigerung (RMS) von m. vastus medialis und lateralis in konzentrischer Phase und Übergangsphase zwischen Exzentrik und Konzentrik

			(keine genaue Angabe zur Kombination)		Video-CMJ: E1 = n.s., K = verkürzte Dauer von Exzentrik (7,1 %) und Übergangsphase (8,7 %), erhöhte Kniesteifigkeit (8,2 %) in Exzentrik Statische Maximalkraft: E1 = 5,7 %, K = 15,8 % Dynamische Maximalkraft: beide Gruppen mit signifikanten Verbesserungen
Stutzig (2009)	4 Wochen (2 x pro Woche)	14 Volleyballer (z. T. 2. Liga; 22-34 Jahre)	Kombinationsmethode: EMS+Plyo (4-5-maliger Wechsel in einer Trainingseinheit) Komplexmethode (ein Satz mit 8 Wdh. Kniebeuge mit 70 % des EWM gefolgt von einem Satz mit 6-12 Wdh. mit einer plyometrischen Übung; 4-5-malige Wiederholung)	CMJ, DJ	K (EMS+Plyo) - CMJ: 4,6 cm K (Kraft+ Plyo) - CMJ: 6,9 cm K (EMS+Plyo) - DJ: 1,3 cm K (Kraft+ Plyo) - DJ: 1,0 cm
Dodd & Alvar (2007)	4 Wochen (2 x pro Woche)	45 Baseballspieler (2. Liga College; 18-23 Jahre)	Einzelmethoden: E1 = Maximalkrafttraining mit 3 Übungen (Kniebeuge, Ausfallkniebeuge, Einbeinkniebeuge) je 4 Sätze mit 6 Wdh. (80-90 % EWM); E2 = plyometrisches Training (siehe E1) mit 0-30 % EWM Komplexmethode: 3 Maximalkraftübungen (siehe E1) mit je 2 Sätzen und 6 Wdh. und 3 plyometrische Übungen (siehe E2) mit 2 Sätzen und 6 Wdh.; Kombination in einer Trainingseinheit abwechselnd ein Satz E1 + ein Satz E2 (Komplexpaar); Pausenzeiten: >10 s innerhalb des Komplexpaares und 3-4 min zwischen Komplexpaaren	Sprint (20yd, 40yd, 60yd); Vertikalsprung (Jump and Reach); Standweitsprung; T-Lauf	- positive Veränderungen: E1: 60yd (11 ms = 0,15 %); J&R (0,24 cm = 0,36 %) Standweitsprung (1,7 cm = 0,67 %); T-Lauf (123 ms = 1,24 %) E2: J&R (1,27 cm = 1,9 %) Standweitsprung (2,8 cm = 1,1 %) Komplexmethode: 20yd (16 ms = 0,55 %), 40yd (14 ms = 0,26 %), 60yd (20 ms = 0,27 %); J&R (0,64 cm = 0,98 %) Standweitsprung (4,5 cm = 1,8 %); T-Lauf (135 ms = 2,3 %)
Saez de Villarreal et al. (2013)	7 Wochen (3 x pro Woche je 30-45 min)	60 Sportstudenten (5 x N =12)	Einzelmethoden: E1 = Full-Squat (3 x 6 mit 60-90 % EWM); E2 = Parallel-Squat (3 x 6 mittleres Gewicht); E3 = Loaded CMJ (3 x 5 mittleres Gewicht); E4 = Plyometric (5 x 5 rebound jumps) Kombinationsmethode (K): Summation von E1 bis E4	Sprint (30 m); Maximalkraft-Kniebeuge; Geschwindigkeits-Kniebeuge	Signifikante Veränderungen: Sprint: keine Veränderungen Maximalkraft-Kniebeuge: K (+20,3 %), E1 (+11 %), E2 (17,9 %), E3 (14,3 %), E4 (6,8 %) Geschwindigkeits-Kniebeuge: K(15,2 %), E1 (6,6 %), E2 (19,5 %), E3 (8,1 %), E4 (8,6 %)

Lyttle et al. (1996)	8 Wochen (2 x pro Woche je 45 min)	33 Freizeit-sportler (3 x N= 11)	E1 = Einzelmethode: SJ mit Zusatzlast und Bankdrücken (progressiv je 2- 6 x 8Wdh. mit 30 % EWM); E2 = Kontrollgruppe Kombinationsmethode (K): Kniebeuge mit Zusatzlast und Bankdrücken (1- 3 x 6-10 EWM), plyometrisches Training (Tiefsprünge 1-2 Sätze x 0,2-0,6 m, Medizinballwürfe)	40 m-Sprint, Vertikalsprünge (SJ, CMJ), 6 s-Fahrradtest, Kniebeuge (EWM)	40 m-Sprint: -1,7% (E1), 0,8% (K); 20 m: 1,3% E1), -0,4% (K) SJ: 19,8 % (E1), 18,6 % (K) CMJ: 7,9 % (E1), 12,9 % (K) 6 s-Fahrradtest: 9,0 % (E1), 7,8 % (K) Kniebeuge: 14,7 % (E1), 14,8 % (K)
Maffioletti et al. (2002)	4 Wochen (3 x pro Woche je 80 min)	20 Volleyballspieler (Regionalniveau; 2 x N = 10)	Kombinationsmethode (EMS+Plyo): 48 Kontraktionen der Knieextensoren gefolgt von 30 Kontraktionen der Plantarflexoren (EMS) gefolgt von 50 Sprüngen Kontrollgruppe: ohne Konditionstraining	MVC, SJ, CMJ, DJ	K: MVC (29 % Knieextensoren; 25 % Plantarflexoren); SJ (21 %); CMJ (13 %), DJ (12 %)

7.4. Statistik Studie 1

Tab. 19: Deskriptive Statistik der Pausenzeitstudie (Parameter Sprunghöhe in m)

Parameter Sprunghöhe (m)	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
SprunghöheKontrollsprünge	11	.282	.448	.35935	.059220
Satz1Pausenach10 s	11	.251	.478	.35663	.063607
Satz1Pausenach1 min	11	.276	.442	.37284	.053579
Satz1Pausenach2 min	11	.288	.433	.36460	.048554
Satz1Pausenach3 min	11	.281	.442	.36109	.052632
Satz1Pausenach4 min	11	.286	.442	.36191	.053985
Satz1Pausenach5 min	11	.286	.433	.36530	.051110
Satz2Pausenach10 s	11	.280	.435	.35365	.056301
Satz2Pausenach1 min	11	.288	.444	.36957	.053113
Satz2Pausenach2 min	11	.299	.452	.36538	.058968
Satz2Pausenach3 min	11	.293	.433	.36462	.051243
Satz2Pausenach4 min	11	.275	.447	.35685	.056145
Satz2Pausenach5 min	11	.273	.440	.35943	.054622
Satz3Pausenach10 s	11	.272	.435	.35390	.058717
Satz3Pausenach1 min	11	.283	.452	.36596	.054614
Satz3Pausenach2 min	11	.280	.442	.35995	.055145
Satz3Pausenach3 min	11	.270	.452	.36120	.057434
Satz3Pausenach4 min	11	.283	.442	.36040	.055276
Satz3Pausenach5 min	11	.268	.463	.35422	.058757
Satz4Pausenach10 s	11	.265	.444	.35153	.060064
Satz4Pausenach1 min	11	.278	.435	.35720	.053263
Satz4Pausenach2 min	11	.276	.452	.35535	.059230
Satz4Pausenach3 min	11	.262	.459	.35629	.063371
Satz4Pausenach4 min	11	.260	.444	.35555	.061959
Satz4Pausenach5 min	11	.289	.430	.35266	.053717
alleSätzePausenach10 s	11	.267	.446	.35393	.058682
alleSätzePausenach1 min	11	.286	.440	.36639	.052580
alleSätzePausenach2 min	11	.287	.435	.36132	.053738
alleSätzePausenach3 min	11	.276	.436	.36080	.054703
alleSätzePausenach4 min	11	.282	.438	.35868	.055932
alleSätzePausenach5 min	11	.282	.439	.35790	.053491

Tab. 20: Normalverteilungstest (Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest) der Pausenzeitstudie (Parameter Sprunghöhe in m)

	N	Parameter der Normalverteilung ^{a,b}		Extremste Differenzen			Kolmogorov-Smirnov-Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Absolut	Positiv	Negativ		
HKontroll	11	.35935	.059220	.148	.148	-.134	.490	.970
H1zehnSek	11	.35663	.063607	.124	.124	-.097	.411	.996
H1eineMin	11	.37284	.053579	.180	.102	-.180	.596	.869
H1zweiMin	11	.36460	.048554	.224	.157	-.224	.743	.639
H1dreiMin	11	.36109	.052632	.128	.096	-.128	.426	.993
H1vierMin	11	.36191	.053985	.175	.175	-.163	.582	.887
H1fünfMin	11	.36530	.051110	.157	.109	-.157	.522	.948
H2zehnSek	11	.35365	.056301	.160	.145	-.160	.532	.940
H2eineMin	11	.36957	.053113	.207	.167	-.207	.688	.732
H2zweiMin	11	.36538	.058968	.165	.165	-.137	.548	.925
H2dreiMin	11	.36462	.051243	.199	.199	-.185	.658	.779
H2vierMin	11	.35685	.056145	.168	.168	-.133	.557	.915
H2fünfMin	11	.35943	.054622	.150	.137	-.150	.496	.967
H3zehnSek	11	.35390	.058717	.191	.191	-.162	.632	.819
H3eineMin	11	.36596	.054614	.098	.098	-.093	.326	1.000
H3zweiMin	11	.35995	.055145	.168	.130	-.168	.557	.916
H3dreiMin	11	.36120	.057434	.118	.118	-.103	.391	.998
H3vierMin	11	.36040	.055276	.162	.162	-.136	.538	.934
H3fünfMin	11	.35422	.058757	.161	.161	-.106	.533	.939
H4zehnSek	11	.35153	.060064	.214	.214	-.187	.709	.696
H4eineMin	11	.35720	.053263	.143	.115	-.143	.474	.978
H4zweiMin	11	.35535	.059230	.246	.246	-.147	.817	.516
H4dreiMin	11	.35629	.063371	.142	.142	-.091	.470	.980
H4vierMin	11	.35555	.061959	.117	.117	-.100	.389	.998
H4fünfMin	11	.35266	.053717	.180	.180	-.155	.598	.868
HalleSzehnSek	11	.35393	.058682	.193	.193	-.127	.641	.806
HalleSeineMin	11	.36639	.052580	.142	.126	-.142	.471	.979
HalleSzweiMin	11	.36132	.053738	.190	.174	-.190	.629	.823
HalleSdreiMin	11	.36080	.054703	.158	.122	-.158	.524	.946
HalleSvierMin	11	.35868	.055932	.144	.144	-.104	.478	.976

HalleSfünfMin	11	.35790	.053491	.108	.108	-.106	.359	1.000
a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.								
b. Aus den Daten berechnet.								

Tab. 21: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Parameter Sprunghöhe; Vergleich Kontroll- und Einzelsprünge nach verschiedenen Pausenzeiten - Pausenzeitstudie)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Zeit	Sphärizität angenomm.	.008	24	.000	1.750	.019
	Greenhouse-Geisser	.008	5.315	.001	1.750	.135
	Huynh-Feldt	.008	12.052	.001	1.750	.064
	Untergrenze	.008	1.000	.008	1.750	.215
Fehler (Zeit)	Sphärizität angenomm.	.045	240	.000		
	Greenhouse-Geisser	.045	53.149	.001		
	Huynh-Feldt	.045	120.52	.000		
	Untergrenze	.045	10.000	.005		

Tab. 22: T-Test für gepaarte Stichproben (Parameter Sprunghöhe; Vergleich Kontroll- und Einzelsprünge nach verschiedenen Pausenzeiten - Pausenzeitstudie)

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95 % Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	HKontroll - H1zehnSek	.002718	.024559	.007405	-.013781	.019217	.367	10	.721
Paaren 2	HKontroll - H1eineMin	-.013491	.018600	.005608	-.025987	-.000995	-2.406	10	.037
Paaren 3	HKontroll - H1zweiMin	-.005255	.018324	.005525	-.017565	.007056	-.951	10	.364
Paaren 4	HKontroll - H1dreiMin	-.001745	.017475	.005269	-.013485	.009994	-.331	10	.747
Paaren 5	HKontroll - H1vierMin	-.002564	.015818	.004769	-.013190	.008063	-.538	10	.603
Paaren 6	HKontroll - H1fünfMin	-.005955	.014477	.004365	-.015680	.003771	-1.364	10	.202
Paaren 7	H1zehnSek - H1eineMin	-.016209	.028865	.008703	-.035601	.003183	-1.862	10	.092
Paaren 8	H1zehnSek - H1zweiMin	-.007973	.031933	.009628	-.029425	.013480	-.828	10	.427
Paaren 9	H1zehnSek - H1dreiMin	-.004464	.034673	.010454	-.027757	.018830	-.427	10	.678
Paaren 10	H1zehnSek - H1vierMin	-.005282	.026793	.008078	-.023281	.012718	-.654	10	.528
Paaren 11	H1zehnSek - H1fünfMin	-.008673	.027354	.008248	-.027049	.009704	-1.052	10	.318
Paaren 12	H1eineMin - H1zweiMin	.008236	.012350	.003724	-.000060	.016533	2.212	10	.051
Paaren 13	H1eineMin - H1dreiMin	.011745	.012565	.003788	.003304	.020187	3.100	10	.011

Paaren 14	H1eineMin - H1vierMin	.010927	.017825	.005374	-.001047	.022902	2.033	10	.069
Paaren 15	H1eineMin - H1fünfMin	.007536	.013749	.004145	-.001700	.016773	1.818	10	.099
Paaren 16	H1zweiMin - H1dreiMin	.003509	.014130	.004260	-.005984	.013002	.824	10	.429
Paaren 17	H1zweiMin - H1vierMin	.002691	.014785	.004458	-.007242	.012624	.604	10	.560
Paaren 18	H1zweiMin - H1fünfMin	-.000700	.014282	.004306	-.010295	.008895	-.163	10	.874
Paaren 19	H1dreiMin - H1vierMin	-.000818	.018244	.005501	-.013075	.011439	-.149	10	.885
Paaren 20	H1dreiMin - H1fünfMin	-.004209	.015881	.004788	-.014878	.006460	-.879	10	.400
Paaren 21	H1vierMin - H1fünfMin	-.003391	.019621	.005916	-.016572	.009790	-.573	10	.579
Paaren 22	HKontroll - H2zehnSek	.005691	.010984	.003312	-.001688	.013070	1.718	10	.116
Paaren 23	HKontroll - H2eineMin	-.010227	.013589	.004097	-.019357	-.001098	-2.496	10	.032
Paaren 24	HKontroll - H2zweiMin	-.006036	.014005	.004223	-.015445	.003373	-1.429	10	.183
Paaren 25	HKontroll - H2dreiMin	-.005273	.013377	.004033	-.014260	.003714	-1.307	10	.220
Paaren 26	HKontroll - H2vierMin	.002491	.014253	.004297	-.007084	.012066	.580	10	.575
Paaren 27	HKontroll - H2fünfMin	-.000082	.013701	.004131	-.009287	.009123	-.020	10	.985
Paaren 28	H2zehnSek - H2eineMin	-.015918	.014209	.004284	-.025464	-.006372	-3.715	10	.004
Paaren 29	H2zehnSek - H2zweiMin	-.011727	.017022	.005132	-.023163	-.000292	-2.285	10	.045
Paaren 30	H2zehnSek - H2dreiMin	-.010964	.011124	.003354	-.018437	-.003491	-3.269	10	.008
Paaren 31	H2zehnSek - H2vierMin	-.003200	.012127	.003656	-.011347	.004947	-.875	10	.402
Paaren 32	H2zehnSek - H2fünfMin	-.005773	.015836	.004775	-.016411	.004866	-1.209	10	.254
Paaren 33	H2eineMin - H2zweiMin	.004191	.021898	.006603	-.010521	.018902	.635	10	.540
Paaren 34	H2eineMin - H2dreiMin	.004955	.013158	.003967	-.003885	.013794	1.249	10	.240
Paaren 35	H2eineMin - H2vierMin	.012718	.016802	.005066	.001431	.024006	2.511	10	.031
Paaren 36	H2eineMin - H2fünfMin	.010145	.016805	.005067	-.001144	.021435	2.002	10	.073
Paaren 37	H2zweiMin - H2dreiMin	.000764	.015428	.004652	-.009601	.011128	.164	10	.873
Paaren 38	H2zweiMin - H2vierMin	.008527	.019970	.006021	-.004889	.021944	1.416	10	.187
Paaren 39	H2zweiMin - H2fünfMin	.005955	.016061	.004843	-.004835	.016745	1.230	10	.247
Paaren 40	H2dreiMin - H2vierMin	.007764	.011222	.003384	.000224	.015303	2.294	10	.045
Paaren 41	H2dreiMin - H2fünfMin	.005191	.010220	.003082	-.001675	.012057	1.685	10	.123

Paaren 42	H2vierMin - H2fünfMin	-.002573	.010234	.003086	-.009448	.004302	-.834	10	.424
Paaren 43	HKontroll - H3zehnSek	.005445	.015183	.004578	-.004754	.015645	1.190	10	.262
Paaren 44	HKontroll - H3eineMin	-.006618	.011571	.003489	-.014391	.001155	-1.897	10	.087
Paaren 45	HKontroll - H3zweiMin	-.000609	.018853	.005684	-.013275	.012056	-.107	10	.917
Paaren 46	HKontroll - H3dreiMin	-.001855	.020116	.006065	-.015369	.011660	-.306	10	.766
Paaren 47	HKontroll - H3vierMin	-.001055	.015611	.004707	-.011542	.009433	-.224	10	.827
Paaren 48	HKontroll - H3fünfMin	.005127	.021525	.006490	-.009334	.019588	.790	10	.448
Paaren 49	H3zehnSek - H3eineMin	-.012064	.015471	.004665	-.022457	-.001670	-2.586	10	.027
Paaren 50	H3zehnSek - H3zweiMin	-.006055	.019701	.005940	-.019290	.007181	-1.019	10	.332
Paaren 51	H3zehnSek - H3dreiMin	-.007300	.027837	.008393	-.026001	.011401	-.870	10	.405
Paaren 52	H3zehnSek - H3vierMin	-.006500	.020639	.006223	-.020366	.007366	-1.045	10	.321
Paaren 53	H3zehnSek - H3fünfMin	-.000318	.028084	.008468	-.019185	.018549	-.038	10	.971
Paaren 54	H3eineMin - H3zweiMin	.006009	.018594	.005606	-.006482	.018501	1.072	10	.309
Paaren 55	H3eineMin - H3dreiMin	.004764	.014273	.004304	-.004825	.014353	1.107	10	.294
Paaren 56	H3eineMin - H3vierMin	.005564	.012580	.003793	-.002887	.014015	1.467	10	.173
Paaren 57	H3eineMin - H3fünfMin	.011745	.017628	.005315	-.000098	.023588	2.210	10	.052
Paaren 58	H3zweiMin - H3dreiMin	-.001245	.022779	.006868	-.016549	.014058	-.181	10	.860
Paaren 59	H3zweiMin - H3vierMin	-.000445	.018961	.005717	-.013184	.012293	-.078	10	.939
Paaren 60	H3zweiMin - H3fünfMin	.005736	.018787	.005664	-.006885	.018358	1.013	10	.335
Paaren 61	H3dreiMin - H3vierMin	.000800	.013679	.004124	-.008390	.009990	.194	10	.850
Paaren 62	H3dreiMin - H3fünfMin	.006982	.015891	.004791	-.003694	.017658	1.457	10	.176
Paaren 63	H3vierMin - H3fünfMin	.006182	.017534	.005287	-.005598	.017961	1.169	10	.269
Paaren 64	HKontroll - H4zehnSek	.007818	.016764	.005055	-.003444	.019081	1.547	10	.153
Paaren 65	HKontroll - H4eineMin	.002145	.011181	.003371	-.005366	.009657	.636	10	.539
Paaren 66	HKontroll - H4zweiMin	.003991	.017114	.005160	-.007506	.015488	.773	10	.457
Paaren 67	HKontroll - H4dreiMin	.003055	.016644	.005018	-.008127	.014236	.609	10	.556
Paaren 68	HKontroll - H4vierMin	.003800	.015942	.004807	-.006910	.014510	.791	10	.448
Paaren 69	HKontroll - H4fünfMin	.006682	.017114	.005160	-.004816	.018179	1.295	10	.224

Paaren 70	H4zehnSek - H4eineMin	-.005673	.018310	.005521	-.017974	.006628	-1.028	10	.328
Paaren 71	H4zehnSek - H4zweiMin	-.003827	.017967	.005417	-.015897	.008243	-.707	10	.496
Paaren 72	H4zehnSek - H4dreiMin	-.004764	.018758	.005656	-.017365	.007838	-.842	10	.419
Paaren 73	H4zehnSek - H4vierMin	-.004018	.022119	.006669	-.018878	.010842	-.603	10	.560
Paaren 74	H4zehnSek - H4fünfMin	-.001136	.019230	.005798	-.014055	.011782	-.196	10	.849
Paaren 75	H4eineMin - H4zweiMin	.001845	.014854	.004479	-.008134	.011824	.412	10	.689
Paaren 76	H4eineMin - H4dreiMin	.000909	.016016	.004829	-.009851	.011669	.188	10	.854
Paaren 77	H4eineMin - H4vierMin	.001655	.013179	.003974	-.007199	.010508	.416	10	.686
Paaren 78	H4eineMin - H4fünfMin	.004536	.013946	.004205	-.004832	.013905	1.079	10	.306
Paaren 79	H4zweiMin - H4dreiMin	-.000936	.017176	.005179	-.012475	.010603	-.181	10	.860
Paaren 80	H4zweiMin - H4vierMin	-.000191	.018230	.005497	-.012438	.012056	-.035	10	.973
Paaren 81	H4zweiMin - H4fünfMin	.002691	.016652	.005021	-.008496	.013878	.536	10	.604
Paaren 82	H4dreiMin - H4vierMin	.000745	.012490	.003766	-.007646	.009137	.198	10	.847
Paaren 83	H4dreiMin - H4fünfMin	.003627	.017342	.005229	-.008023	.015278	.694	10	.504
Paaren 84	H4vierMin - H4fünfMin	.002882	.016744	.005049	-.008367	.014131	.571	10	.581

Tab. 23: Mauchly-Test auf Sphärizität (Vergleich der Mittelwerte der Kontroll- und Pausenzeitsprünge (gemittelt über 4 Sätze))

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Inner-subjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Pausenzeit	.089	18.807	20	.573	.563	.885	.167

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

Tab. 24: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Vergleich der Mittelwerte der Kontroll- und Pausenzeitsprünge (gemittelt über 4 Sätze))

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Zeit	Sphärizität angenommen	.001	6	.000	2.994	.013
	Greenhouse-Geisser	.001	3.379	.000	2.994	.039
	Huynh-Feldt	.001	5.312	.000	2.994	.017
	Untergrenze	.001	1.000	.001	2.994	.114
Fehler (Zeit)	Sphärizität angenommen	.003	60	5.287E-5		
	Greenhouse-Geisser	.003	33.790	9.388E-5		
	Huynh-Feldt	.003	53.118	5.972E-5		
	Untergrenze	.003	10.000	.000		

Tab. 25: T-Test bei gepaarten Stichproben (Vergleich der Mittelwerte der Kontroll- und Pausenzeitsprünge (gemittelt über 4 Sätze))

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95 % Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	HKontroll - HalleSzehnSek	.005418	.013587	.004097	-.003710	.014546	1.323	10	.215
Paaren 2	HKontroll - HalleSeineMin	-.007048	.009176	.002767	-.013212	-.000883	-2.547	10	.029
Paaren 3	HKontroll - HalleSzweiMin	-.001977	.009321	.002810	-.008239	.004285	-.704	10	.498
Paaren 4	HKontroll - HalleSdreiMin	-.001455	.010310	.003109	-.008381	.005472	-.468	10	.650
Paaren 5	HKontroll - HalleSvierMin	.000668	.011224	.003384	-.006872	.008208	.197	10	.847
Paaren 6	HKontroll - HalleSfünfMin	.001443	.012892	.003887	-.007217	.010104	.371	10	.718
Paaren 7	HalleSzehnSek - HalleSeineMin	-.012466	.013681	.004125	-.021657	-.003275	-3.022	10	.013
Paaren 8	HalleSzehnSek - HalleSzweiMin	-.007395	.011637	.003509	-.015213	.000422	-2.108	10	.061
Paaren 9	HalleSzehnSek - HalleSdreiMin	-.006873	.013701	.004131	-.016077	.002332	-1.664	10	.127
Paaren 10	HalleSzehnSek - HalleSvierMin	-.004750	.013159	.003968	-.013590	.004090	-1.197	10	.259
Paaren 11	HalleSzehnSek - HalleSfünfMin	-.003975	.014677	.004425	-.013835	.005885	-.898	10	.390
Paaren 12	HalleSeineMin - HalleSzweiMin	.005070	.007411	.002235	.000092	.010049	2.269	10	.047
Paaren 13	HalleSeineMin - HalleSdreiMin	.005593	.006008	.001812	.001557	.009629	3.088	10	.011
Paaren 14	HalleSeineMin - HalleSvierMin	.007716	.009133	.002754	.001580	.013852	2.802	10	.019
Paaren 15	HalleSeineMin - HalleSfünfMin	.008491	.008971	.002705	.002464	.014518	3.139	10	.011
Paaren 16	HalleSzweiMin - HalleSdreiMin	.000523	.007125	.002148	-.004264	.005309	.243	10	.813
Paaren 17	HalleSzweiMin - HalleSvierMin	.002645	.006863	.002069	-.001965	.007256	1.278	10	.230
Paaren 18	HalleSzweiMin - HalleSfünfMin	.003420	.008880	.002677	-.002545	.009386	1.278	10	.230
Paaren 19	HalleSdreiMin - HalleSvierMin	.002123	.007093	.002139	-.002642	.006888	.993	10	.344
Paaren 20	HalleSdreiMin - HalleSfünfMin	.002898	.006543	.001973	-.001498	.007293	1.469	10	.173
Paaren 21	HalleSvierMin - HalleSfünfMin	.000775	.006536	.001971	-.003616	.005166	.393	10	.702

Tab. 26: Mauchly-Test auf Sphärizität (Satzvergleich: Sprünge mit gleicher Pausenzeit - Pausenzeitstudie)

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Sätze10 s	.714	2.940	5	.711	.832	1.000	.333
Sätze1 min	.621	4.153	5	.530	.788	1.000	.333
Sätze2 min	.468	6.614	5	.254	.757	.992	.333
Sätze3 min	.621	4.161	5	.529	.778	1.000	.333
Sätze4 min	.530	5.543	5	.356	.711	.909	.333
Sätze5 min	.116	18.753	5	.002	.499	.567	.333
Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.							

Tab. 27: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Satzvergleich: Sprünge mit gleicher Pausenzeit - Pausenzeitstudie)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Sätze10 s	Sphärizität angenommen	28646.364	3	9548.788	1.732	.182
	Greenhouse-Geisser	28646.364	2.495	11482.392	1.732	.192
	Huynh-Feldt	28646.364	3.000	9548.788	1.732	.182
	Untergrenze	28646.364	1.000	28646.364	1.732	.218
Fehler(Sätze)	Sphärizität angenommen	165436.636	30	5514.555		
	Greenhouse-Geisser	165436.636	24.948	6631.237		
	Huynh-Feldt	165436.636	30.000	5514.555		
	Untergrenze	165436.636	10.000	16543.664		
Sätze1 min	Sphärizität angenommen	.001	3	.000	3.312	.033
	Greenhouse-Geisser	.001	2.365	.001	3.312	.047
	Huynh-Feldt	.001	3.000	.000	3.312	.033
	Untergrenze	.001	1.000	.001	3.312	.099
Fehler (Sätze)	Sphärizität angenommen	.005	30	.000		
	Greenhouse-Geisser	.005	23.646	.000		
	Huynh-Feldt	.005	30.000	.000		
	Untergrenze	.005	10.000	.000		
Sätze2 min	Sphärizität angenommen	13135.886	3	4378.629	1.650	.199
	Greenhouse-Geisser	13135.886	2.272	5780.770	1.650	.212
	Huynh-Feldt	13135.886	2.976	4414.275	1.650	.199
	Untergrenze	13135.886	1.000	13135.886	1.650	.228
Fehler(Sätze)	Sphärizität angenommen	79626.364	30	2654.212		
	Greenhouse-Geisser	79626.364	22.723	3504.154		
	Huynh-Feldt	79626.364	29.758	2675.820		
	Untergrenze	79626.364	10.000	7962.636		
Sätze3 min	Sphärizität angenommen	7628.091	3	2542.697	.848	.479
	Greenhouse-Geisser	7628.091	2.333	3269.710	.848	.457
	Huynh-Feldt	7628.091	3.000	2542.697	.848	.479
	Untergrenze	7628.091	1.000	7628.091	.848	.379
Fehler(Sätze)	Sphärizität angenommen	89959.409	30	2998.647		
	Greenhouse-Geisser	89959.409	23.330	3856.026		

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Sätze10 s	Sphärizität angenommen	28646.364	3	9548.788	1.732	.182
	Greenhouse-Geisser	28646.364	2.495	11482.392	1.732	.192
	Huynh-Feldt	28646.364	3.000	9548.788	1.732	.182
	Untergrenze	28646.364	1.000	28646.364	1.732	.218
Fehler(Sätze)	Sphärizität angenommen	165436.636	30	5514.555		
	Greenhouse-Geisser	165436.636	24.948	6631.237		
	Huynh-Feldt	165436.636	30.000	5514.555		
	Untergrenze	165436.636	10.000	16543.664		
Sätze1 min	Sphärizität angenommen	.001	3	.000	3.312	.033
	Greenhouse-Geisser	.001	2.365	.001	3.312	.047
	Huynh-Feldt	.001	3.000	.000	3.312	.033
	Untergrenze	.001	1.000	.001	3.312	.099
Fehler (Sätze)	Sphärizität angenommen	.005	30	.000		
	Greenhouse-Geisser	.005	23.646	.000		
	Huynh-Feldt	.005	30.000	.000		
	Huynh-Feldt	89959.409	30.000	2998.647		
	Untergrenze	89959.409	10.000	8995.941		
Sätze4 min	Sphärizität angenommen	7448.182	3	2482.727	.607	.616
	Greenhouse-Geisser	7448.182	2.132	3493.872	.607	.564
	Huynh-Feldt	7448.182	2.726	2732.163	.607	.601
	Untergrenze	7448.182	1.000	7448.182	.607	.454
Fehler(Sätze)	Sphärizität angenommen	122721.818	30	4090.727		
	Greenhouse-Geisser	122721.818	21.318	5756.764		
	Huynh-Feldt	122721.818	27.261	4501.717		
	Untergrenze	122721.818	10.000	12272.182		
Sätze5 min	Sphärizität angenommen	20494.000	3	6831.333	2.194	.109
	Greenhouse-Geisser	20494.000	1.497	13689.168	2.194	.154
	Huynh-Feldt	20494.000	1.702	12044.362	2.194	.147
	Untergrenze	20494.000	1.000	20494.000	2.194	.169
Fehler(Sätze)	Sphärizität angenommen	93396.500	30	3113.217		
	Greenhouse-Geisser	93396.500	14.971	6238.511		
	Huynh-Feldt	93396.500	17.015	5488.930		
	Untergrenze	93396.500	10.000	9339.650		

Tab. 28: T-Test bei gepaarten Stichproben (Satzvergleich der Sprünge nach einer Minute - Pausenzeitstudie)

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95 % Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	H1eineMin - H2eineMin	.003264	.017577	.005300	-.008545	.015072	.616	10	.552
Paaren 2	H1eineMin - H3eineMin	.006873	.019026	.005736	-.005909	.019654	1.198	10	.259
Paaren 3	H1eineMin - H4eineMin	.015636	.020621	.006218	.001783	.029490	2.515	10	.031
Paaren 4	H2eineMin - H3eineMin	.003609	.016645	.005019	-.007573	.014791	.719	10	.489

Paaren 5	H2eineMin - H4eineMin	.012373	.017716	.005341	.000471	.024274	2.316	10	.043
Paaren 6	H3eineMin - H4eineMin	.008764	.011126	.003355	.001289	.016238	2.612	10	.026

Tab. 29: Mauchly-Test auf Sphärizität (Vergleich der Satzmittelwerte; gemittelt über die verschiedenen Pausenzeiten)

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
MWSätze	.378	8.495	5	.133	.604	.729	.333

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

Tab. 30: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Vergleich der Satzmittelwerte; gemittelt über die verschiedenen Pausenzeiten)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
MWSätze	Sphärizität angenommen	.000	3	.000	2.799	.057
	Greenhouse-Geisser	.000	1.811	.000	2.799	.091
	Huynh-Feldt	.000	2.188	.000	2.799	.079
	Untergrenze	.000	1.000	.000	2.799	.125
Fehler (MWSätze)	Sphärizität angenommen	.002	30	5.796E-5		
	Greenhouse-Geisser	.002	18.108	9.602E-5		
	Huynh-Feldt	.002	21.882	7.946E-5		
	Untergrenze	.002	10.000	.000		

Tab. 31: Deskriptive Statistik der Pausenzeitstudie (Parameter Durchschnittsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Bewegungsphase)

Parameter Sprunghöhe (m)	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Geschw. 1. konz. Phase Kontrollspr.	11	1.30	1.72	1.5011	.12843
Satz1Pausenach10 s	11	1.28	1.65	1.4938	.12113
Satz1Pausenach1 min	11	1.33	1.70	1.5166	.11527
Satz1Pausenach2 min	11	1.29	1.69	1.5179	.12559
Satz1Pausenach3 min	11	1.30	1.66	1.4891	.12315
Satz1Pausenach4 min	11	1.23	1.70	1.4900	.14412
Satz1Pausenach5 min	11	1.32	1.68	1.5018	.11325
Satz2Pausenach10 s	11	1.08	1.68	1.4623	.16206
Satz2Pausenach1 min	11	1.31	1.73	1.5164	.12240
Satz2Pausenach2 min	11	1.33	1.69	1.4869	.11849
Satz2Pausenach3 min	11	1.31	1.64	1.4911	.10400
Satz2Pausenach4 min	11	1.13	1.65	1.4682	.14701
Satz2Pausenach5 min	11	1.26	1.65	1.4671	.12765

Satz3Pausenach10 s	11	1.28	1.64	1.4580	.12797
Satz3Pausenach1 min	11	1.31	1.68	1.4758	.12613
Satz3Pausenach2 min	11	1.29	1.67	1.4652	.11333
Satz3Pausenach3 min	11	1.23	1.69	1.4552	.13648
Satz3Pausenach4 min	11	1.21	1.66	1.4319	.14591
Satz3Pausenach5 min	11	1.24	1.63	1.4244	.13800
Satz4Pausenach10 s	11	1.17	1.67	1.4327	.15069
Satz4Pausenach1 min	11	1.24	1.65	1.4353	.13314
Satz4Pausenach2 min	11	1.14	1.67	1.4070	.16372
Satz4Pausenach3 min	11	1.22	1.67	1.4250	.13822
Satz4Pausenach4 min	11	1.24	1.69	1.4303	.15603
Satz4Pausenach5 min	11	1.23	1.69	1.4161	.14108
alleSätzePausenach10 s	11	1.20	1.66	1.4617	.13524
alleSätzePausenach1 min	11	1.31	1.69	1.4860	.12116
alleSätzePausenach2 min	11	1.26	1.68	1.4692	.12605
alleSätzePausenach3 min	11	1.26	1.66	1.4651	.12015
alleSätzePausenach4 min	11	1.22	1.67	1.4551	.14160
alleSätzePausenach5 min	11	1.28	1.66	1.4523	.12662

Tab. 32: Normalverteilungstest der Pausenzeitstudie (Parameter Durchschnittsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Bewegungsphase)

	N	Parameter der Normalverteilung ^{a,b}		Extremste Differenzen			Kolmogorov-Smirnov-Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Absolut	Positiv	Negativ		
MWKontroll	11	1.5011	.12843	.110	.110	-.110	.366	.999
ersterS10 sek	11	1.4938	.12113	.159	.159	-.129	.528	.943
ersterS1 min	11	1.5166	.11527	.143	.137	-.143	.474	.978
ersterS2 min	11	1.5179	.12559	.170	.147	-.170	.563	.910
ersterS3 min	11	1.4891	.12315	.156	.115	-.156	.517	.952
ersterS4 min	11	1.4900	.14412	.181	.097	-.181	.599	.866
ersterS5 min	11	1.5018	.11325	.136	.136	-.118	.451	.987
zweiterS10 sek	11	1.4623	.16206	.177	.097	-.177	.588	.880
zweiterS1 min	11	1.5164	.12240	.216	.153	-.216	.716	.685
zweiterS2 min	11	1.4869	.11849	.182	.182	-.163	.603	.860
zweiterS3 min	11	1.4911	.10400	.134	.086	-.134	.444	.989
zweiterS4 min	11	1.4682	.14701	.147	.106	-.147	.487	.972

zweiterS5 min	11	1.4671	.12765	.190	.113	-.190	.630	.822
dritterS10 sek	11	1.4580	.12797	.189	.185	-.189	.628	.826
dritterS1 min	11	1.4758	.12613	.181	.133	-.181	.599	.866
dritterS2 min	11	1.4652	.11333	.157	.129	-.157	.520	.950
dritterS3 min	11	1.4552	.13648	.116	.116	-.105	.386	.998
dritterS4 min	11	1.4319	.14591	.151	.108	-.151	.500	.964
dritterS5 min	11	1.4244	.13800	.214	.164	-.214	.709	.697
vierterS10 sek	11	1.4327	.15069	.124	.124	-.102	.411	.996
vierterS1 min	11	1.4353	.13314	.192	.192	-.167	.637	.812
vierterS2 min	11	1.4070	.16372	.145	.114	-.145	.480	.975
vierterS3 min	11	1.4250	.13822	.162	.162	-.118	.536	.936
vierterS4 min	11	1.4303	.15603	.212	.212	-.140	.702	.708
vierterS5 min	11	1.4161	.14108	.198	.198	-.151	.658	.780
alleS10 sek	11	1.4617	.13524	.145	.121	-.145	.480	.975
alleS1 min	11	1.4860	.12116	.199	.199	-.190	.660	.777
alleS2 min	11	1.4692	.12605	.192	.165	-.192	.638	.810
alleS3 min	11	1.4651	.12015	.149	.149	-.102	.495	.967
alleS4 min	11	1.4551	.14160	.181	.181	-.165	.601	.863
alleS5 min	11	1.4523	.12662	.174	.167	-.174	.578	.892
a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung. b. Aus den Daten berechnet.								

Tab. 33: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Durchschnittsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Phase – Vergleich Kontroll- und einzelne Pausenzeitsprünge - Pausenzeitstudie)

Tests der Innersubjekteffekte						
	Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Zeit	Sphärizität angen.	.302	24	.013	5.703	.000
	Greenhouse-Geisser	.302	5.701	.053	5.703	.000
	Huynh-Feldt	.302	14.121	.021	5.703	.000
	Untergrenze	.302	1.000	.302	5.703	.038
Fehler (Zeit)	Sphärizität angen.	.529	240	.002		
	Greenhouse-Geisser	.529	57.007	.009		
	Huynh-Feldt	.529	141.206	.004		
	Untergrenze	.529	10.000	.053		

Tab. 34: T-Test bei gepaarten Stichproben (Durchschnittsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Phase – Vergleich Kontroll- und einzelne Pausenzeitsprünge - Pausenzeitstudie)

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. 2-seitig
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95 % Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	MWKontroll - ersterS10 sek	.00728	.05948	.01793	-.03268	.04724	.406	10	.693
Paaren 2	MWKontroll - ersterS1 min	-.01550	.06257	.01886	-.05753	.02653	-.822	10	.430
Paaren 3	MWKontroll - ersterS2 min	-.01685	.06170	.01860	-.05830	.02461	-.905	10	.387
Paaren 4	MWKontroll - ersterS3 min	.01197	.07603	.02292	-.03911	.06305	.522	10	.613
Paaren 5	MWKontroll - ersterS4 min	.01103	.05703	.01719	-.02728	.04934	.641	10	.536
Paaren 6	MWKontroll - ersterS5 min	-.00071	.04654	.01403	-.03198	.03056	-.051	10	.961
Paaren 7	ersterS10 sek - ersterS1 min	-.02278	.08491	.02560	-.07982	.03426	-.890	10	.394
Paaren 8	ersterS10 sek - ersterS2 min	-.02413	.08848	.02668	-.08357	.03531	-.904	10	.387
Paaren 9	ersterS10 sek - ersterS3 min	.00469	.09665	.02914	-.06024	.06962	.161	10	.875
Paaren 10	ersterS10 sek - ersterS4 min	.00375	.07086	.02137	-.04386	.05135	.175	10	.864
Paaren 11	ersterS10 sek - ersterS5 min	-.00799	.07310	.02204	-.05710	.04112	-.363	10	.724
Paaren 12	ersterS1 min - ersterS2 min	-.00135	.02266	.00683	-.01657	.01388	-.197	10	.848
Paaren 13	ersterS1 min - ersterS3 min	.02747	.03600	.01085	.00329	.05166	2.531	10	.030
Paaren 14	ersterS1 min - ersterS4 min	.02653	.04796	.01446	-.00570	.05875	1.834	10	.096
Paaren 15	ersterS1 min - ersterS5 min	.01479	.04283	.01291	-.01398	.04356	1.145	10	.279
Paaren 16	ersterS2 min - ersterS3 min	.02882	.03796	.01145	.00332	.05432	2.518	10	.030
Paaren 17	ersterS2 min - ersterS4 min	.02787	.04717	.01422	-.00381	.05956	1.960	10	.078
Paaren 18	ersterS2 min - ersterS5 min	.01614	.04981	.01502	-.01732	.04960	1.075	10	.308
Paaren 19	ersterS3 min - ersterS4 min	-.00095	.05723	.01726	-.03940	.03750	-.055	10	.957
Paaren 20	ersterS3 min - ersterS5 min	-.01268	.06014	.01813	-.05309	.02772	-.699	10	.500
Paaren 21	ersterS4 min - ersterS5 min	-.01174	.04904	.01479	-.04468	.02121	-.794	10	.446
Paaren 22	MWKontroll - zweiterS10 sek	.03878	.06957	.02098	-.00796	.08552	1.849	10	.094
Paaren 23	MWKontroll - zweiterS1 min	-.01532	.04794	.01445	-.04752	.01689	-1.060	10	.314
Paaren 24	MWKontroll - zweiterS2 min	.01417	.03893	.01174	-.01198	.04032	1.208	10	.255

Paaren 25	MWKontroll - zweiterS3 min	.00992	.07365	.02221	-.03956	.05940	.447	10	.665
Paaren 26	MWKontroll - zweiterS4 min	.03282	.07060	.02129	-.01461	.08025	1.542	10	.154
Paaren 27	MWKontroll - zweiterS5 min	.03397	.07069	.02131	-.01352	.08147	1.594	10	.142
Paaren 28	zweiterS10 sek - zweiterS1 min	-.05410	.06808	.02053	-.09984	-.00836	-2.636	10	.025
Paaren 29	zweiterS10 sek - zweiterS2 min	-.02461	.08102	.02443	-.07904	.02982	-1.007	10	.337
Paaren 30	zweiterS10 sek - zweiterS3 min	-.02886	.08687	.02619	-.08722	.02949	-1.102	10	.296
Paaren 31	zweiterS10 sek - zweiterS4 min	-.00596	.04036	.01217	-.03308	.02115	-.490	10	.635
Paaren 32	zweiterS10 sek - zweiterS5 min	-.00481	.08537	.02574	-.06216	.05254	-.187	10	.856
Paaren 33	zweiterS1 min - zweiterS2 min	.02949	.03493	.01053	.00602	.05296	2.800	10	.019
Paaren 34	zweiterS1 min - zweiterS3 min	.02524	.07094	.02139	-.02242	.07290	1.180	10	.265
Paaren 35	zweiterS1 min - zweiterS4 min	.04814	.06089	.01836	.00723	.08904	2.622	10	.026
Paaren 36	zweiterS1 min - zweiterS5 min	.04929	.04543	.01370	.01877	.07981	3.598	10	.005
Paaren 37	zweiterS2 min - zweiterS3 min	-.00425	.05896	.01778	-.04386	.03535	-.239	10	.816
Paaren 38	zweiterS2 min - zweiterS4 min	.01865	.06892	.02078	-.02766	.06495	.897	10	.391
Paaren 39	zweiterS2 min - zweiterS5 min	.01980	.04817	.01452	-.01256	.05216	1.363	10	.203
Paaren 40	zweiterS3 min - zweiterS4 min	.02290	.06770	.02041	-.02258	.06838	1.122	10	.288
Paaren 41	zweiterS3 min - zweiterS5 min	.02405	.06913	.02084	-.02239	.07050	1.154	10	.275
Paaren 42	zweiterS4 min - zweiterS5 min	.00115	.05717	.01724	-.03725	.03956	.067	10	.948
Paaren 43	MWKontroll - dritterS10 sek	.04305	.05639	.01700	.00516	.08093	2.532	10	.030
Paaren 44	MWKontroll - dritterS1 min	.02525	.05707	.01721	-.01310	.06359	1.467	10	.173
Paaren 45	MWKontroll - dritterS2 min	.03591	.05989	.01806	-.00433	.07615	1.988	10	.075
Paaren 46	MWKontroll - dritterS3 min	.04588	.05369	.01619	.00982	.08195	2.835	10	.018
Paaren 47	MWKontroll - dritterS4 min	.06912	.10143	.03058	.00098	.13726	2.260	10	.047
Paaren 48	MWKontroll - dritterS5 min	.07671	.06860	.02068	.03063	.12279	3.709	10	.004
Paaren 49	dritterS10 sek - dritterS1 min	-.01780	.05867	.01769	-.05721	.02161	-1.006	10	.338
Paaren 50	dritterS10 sek - dritterS2 min	-.00714	.05796	.01748	-.04608	.03180	-.408	10	.692
Paaren 51	dritterS10 sek - dritterS3 min	.00284	.06294	.01898	-.03945	.04512	.149	10	.884
Paaren 52	dritterS10 sek - dritterS4 min	.02607	.09827	.02963	-.03995	.09209	.880	10	.400

Paaren 53	dritterS10 sek - dritterS5 min	.03366	.07679	.02315	-.01793	.08525	1.454	10	.177
Paaren 54	dritterS1 min - dritterS2 min	.01066	.05337	.01609	-.02519	.04652	.663	10	.522
Paaren 55	dritterS1 min - dritterS3 min	.02064	.04493	.01355	-.00955	.05082	1.523	10	.159
Paaren 56	dritterS1 min - dritterS4 min	.04387	.07361	.02220	-.00558	.09333	1.977	10	.076
Paaren 57	dritterS1 min - dritterS5 min	.05146	.05074	.01530	.01738	.08555	3.364	10	.007
Paaren 58	dritterS2 min - dritterS3 min	.00997	.05616	.01693	-.02776	.04770	.589	10	.569
Paaren 59	dritterS2 min - dritterS4 min	.03321	.09797	.02954	-.03261	.09903	1.124	10	.287
Paaren 60	dritterS2 min - dritterS5 min	.04080	.05554	.01675	.00349	.07811	2.436	10	.035
Paaren 61	dritterS3 min - dritterS4 min	.02324	.07069	.02132	-.02426	.07073	1.090	10	.301
Paaren 62	dritterS3 min - dritterS5 min	.03083	.04268	.01287	.00216	.05950	2.396	10	.038
Paaren 63	dritterS4 min - dritterS5 min	.00759	.06315	.01904	-.03483	.05001	.399	10	.698
Paaren 64	MWKontroll - vierterS10 sek	.06837	.06845	.02064	.02239	.11436	3.313	10	.008
Paaren 65	MWKontroll - vierterS1 min	.06573	.06576	.01983	.02155	.10990	3.315	10	.008
Paaren 66	MWKontroll - vierterS2 min	.09404	.08379	.02526	.03775	.15032	3.722	10	.004
Paaren 67	MWKontroll - vierterS3 min	.07603	.05577	.01682	.03856	.11350	4.521	10	.001
Paaren 68	MWKontroll - vierterS4 min	.07075	.06865	.02070	.02463	.11687	3.418	10	.007
Paaren 69	MWKontroll - vierterS5 min	.08498	.07166	.02161	.03684	.13312	3.933	10	.003
Paaren 70	vierterS10 sek - vierterS1 min	-.00265	.07284	.02196	-.05158	.04629	-.120	10	.907
Paaren 71	vierterS10 sek - vierterS2 min	.02566	.05171	.01559	-.00907	.06040	1.646	10	.131
Paaren 72	vierterS10 sek - vierterS3 min	.00765	.04603	.01388	-.02327	.03857	.552	10	.593
Paaren 73	vierterS10 sek - vierterS4 min	.00237	.07356	.02218	-.04705	.05179	.107	10	.917
Paaren 74	vierterS10 sek - vierterS5 min	.01661	.08328	.02511	-.03934	.07256	.661	10	.523
Paaren 75	vierterS1 min - vierterS2 min	.02831	.06328	.01908	-.01420	.07082	1.484	10	.169
Paaren 76	vierterS1 min - vierterS3 min	.01030	.04001	.01206	-.01658	.03718	.854	10	.413
Paaren 77	vierterS1 min - vierterS4 min	.00502	.06757	.02037	-.04037	.05041	.246	10	.810
Paaren 78	vierterS1 min - vierterS5 min	.01925	.04661	.01405	-.01206	.05057	1.370	10	.201
Paaren 79	vierterS2 min - vierterS3 min	-.01801	.04259	.01284	-.04662	.01060	-1.403	10	.191
Paaren 80	vierterS2 min - vierterS4 min	-.02329	.07009	.02113	-.07038	.02380	-1.102	10	.296

Paaren 81	vierterS2 min - vierterS5 min	-.00905	.07130	.02150	-.05696	.03885	-.421	10	.683
Paaren 82	vierterS3 min - vierterS4 min	-.00528	.04761	.01435	-.03726	.02670	-.368	10	.721
Paaren 83	vierterS3 min - vierterS5 min	.00895	.04418	.01332	-.02072	.03863	.672	10	.517
Paaren 84	vierterS4 min - vierterS5 min	.01424	.05067	.01528	-.01980	.04828	.932	10	.373

Tab. 35: Mauchly-Test auf Sphärizität (Durchschnittsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Bewegungsphase – Vergleich Kontroll- und Pausenzeitsprünge gemittelt- Pausenzeitstudie)

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Zeit	.007	38.428	20	.012	.500	.738	.167

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

Tab. 36: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Durchschnittsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Bewegungsphase – Vergleich Kontroll- und Pausenzeitsprünge gemittelt- Pausenzeitstudie)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Zeit	Sphärizität angen.	.020	6	.003	3.302	.007
	Greenhouse-Geisser	.020	2.999	.007	3.302	.034
	Huynh-Feldt	.020	4.427	.005	3.302	.016
	Untergrenze	.020	1.000	.020	3.302	.099
Fehler(Zeit)	Sphärizität angen.	.062	60	.001		
	Greenhouse-Geisser	.062	29.993	.002		
	Huynh-Feldt	.062	44.270	.001		
	Untergrenze	.062	10.000	.006		

Tab. 37: T-Test bei gepaarten Stichproben (Durchschnittsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Bewegungsphase – Vergleich Kontroll- und Pausenzeitsprünge gemittelt- Pausenzeitstudie)

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95 % Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	MWKontroll - alleS10 s	.03937	.04844	.01460	.00683	.07191	2.696	10	.022
Paaren 2	MWKontroll - alleS1 m	.01504	.05151	.01553	-.01957	.04964	.968	10	.356
Paaren 3	MWKontroll - alleS2 m	.03182	.05007	.01510	-.00182	.06546	2.108	10	.061
Paaren 4	MWKontroll - alleS3 m	.03595	.05299	.01598	.00035	.07155	2.250	10	.048
Paaren 5	MWKontroll - alleS4 m	.04593	.06209	.01872	.00421	.08764	2.453	10	.034
Paaren 6	MWKontroll - alleS5 m	.04874	.05716	.01723	.01034	.08714	2.828	10	.018
Paaren 7	alleS10 sek - alleS1 m	-.02433	.05997	.01808	-.06462	.01595	-1.346	10	.208
Paaren 8	alleS10 sek - alleS2 m	-.00755	.04590	.01384	-.03839	.02328	-.546	10	.597
Paaren 9	alleS10 sek - alleS3 m	-.00342	.04837	.01459	-.03592	.02908	-.235	10	.819
Paaren 10	alleS10 sek - alleS4 m	.00656	.05559	.01676	-.03079	.04390	.391	10	.704

Paaren 11	alleS10 sek - alleS5 m	.00937	.06214	.01874	-.03238	.05112	.500	10	.628
Paaren 12	alleS1 min - alleS2 min	.01678	.02001	.00603	.00334	.03022	2.782	10	.019
Paaren 13	alleS1 min - alleS3 min	.02091	.02514	.00758	.00402	.03780	2.758	10	.020
Paaren 14	alleS1 min - alleS4 min	.03089	.04799	.01447	-.00135	.06313	2.135	10	.059
Paaren 15	alleS1 min - alleS5 min	.03370	.02761	.00833	.01515	.05225	4.048	10	.002
Paaren 16	alleS2 min - alleS3 min	.00413	.02309	.00696	-.01138	.01964	.593	10	.566
Paaren 17	alleS2 min - alleS4 min	.01411	.04054	.01222	-.01313	.04135	1.154	10	.275
Paaren 18	alleS2 min - alleS5 min	.01692	.02582	.00778	-.00042	.03426	2.174	10	.055
Paaren 19	alleS3 min - alleS4 min	.00998	.03794	.01144	-.01551	.03546	.872	10	.404
Paaren 20	alleS3 min - alleS5 min	.01279	.03242	.00978	-.00899	.03457	1.308	10	.220
Paaren 21	alleS4 min - alleS5 min	.00281	.03516	.01060	-.02081	.02643	.265	10	.796

Tab. 38: Mauchly-Test auf Sphärizität (Durchschnittsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Bewegungsphase – satzweiser Vergleich der Pausenzeitsprünge nach 10 s - Pausenzeitstudie)

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Satz	.482	6.361	5	.275	.779	1.000	.333

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

Tab. 39: Einfaktorielle Anova (Durchschnittsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Bewegungsphase – satzweiser Vergleich der Pausenzeitsprünge nach 10 s - Pausenzeitstudie)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Satz	Sphärizität angenommen	.021	3	.007	3.023	.045
	Greenhouse-Geisser	.021	2.337	.009	3.023	.061
	Huynh-Feldt	.021	3.000	.007	3.023	.045
	Untergrenze	.021	1.000	.021	3.023	.113
Fehler(Satz)	Sphärizität angenommen	.069	30	.002		
	Greenhouse-Geisser	.069	23.375	.003		
	Huynh-Feldt	.069	30.000	.002		
	Untergrenze	.069	10.000	.007		

Tab. 40: T-Test bei gepaarten Stichproben (Durchschnittsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Bewegungsphase – satzweiser Vergleich der Pausenzeitsprünge nach 10 s - Pausenzeitstudie)

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95 % Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	ersterS10 s - zweiterS10 s	.03150	.07066	.02131	-.01597	.07897	1.479	10	.170
Paaren 2	ersterS10 sek - dritterS10 s	.03576	.05833	.01759	-.00342	.07495	2.034	10	.069
Paaren 3	ersterS10 s - vierterS10 s	.06109	.07756	.02339	.00898	.11320	2.612	10	.026
Paaren 4	zweiterS10 s - dritterS10 s	.00426	.07666	.02312	-.04724	.05577	.184	10	.857

Paaren 5	zweiterS10 s - vierterS10 s	.02959	.07100	.02141	-.01811	.07729	1.382	10	.197
Paaren 6	dritterS10 s - vierterS10 s	.02533	.04586	.01383	-.00548	.05614	1.832	10	.097

Tab. 41: Mauchly-Test auf Sphärizität (Durchschnittsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Bewegungsphase – satzweiser Vergleich der Pausenzeitsprünge nach 1 min - Pausenzeitstudie)

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Satz	.375	8.550	5	.131	.678	.852	.333
Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.							

Tab. 42: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Durchschnittsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Bewegungsphase – satzweiser Vergleich der Pausenzeitsprünge nach 1 min - Pausenzeitstudie)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Satz	Sphärizität angenommen	.050	3	.017	15.655	.000
	Greenhouse-Geisser	.050	2.033	.024	15.655	.000
	Huynh-Feldt	.050	2.556	.019	15.655	.000
	Untergrenze	.050	1.000	.050	15.655	.003
Fehler(Satz)	Sphärizität angenommen	.032	30	.001		
	Greenhouse-Geisser	.032	20.329	.002		
	Huynh-Feldt	.032	25.557	.001		
	Untergrenze	.032	10.000	.003		

Tab. 43: T-Test bei gepaarten Stichproben (Durchschnittsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Bewegungsphase – satzweiser Vergleich der Pausenzeitsprünge nach 1 min - Pausenzeitstudie)

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95 % Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	ersterS1 min - zweiterS1 min	.00018	.02563	.00773	-.01703	.01740	.024	10	.982
Paaren 2	ersterS1 min - dritterS1 min	.04075	.04835	.01458	.00826	.07323	2.795	10	.019
Paaren 3	ersterS1 min - vierterS1 min	.08123	.05521	.01665	.04414	.11832	4.880	10	.001
Paaren 4	zweiterS1 min - dritterS1 min	.04056	.04001	.01206	.01368	.06744	3.363	10	.007
Paaren 5	zweiterS1 min - vierterS1 min	.08105	.05575	.01681	.04359	.11850	4.822	10	.001
Paaren 6	dritterS1 min - vierterS1 min	.04048	.04444	.01340	.01063	.07033	3.021	10	.013

Tab. 44: *Mauchly Test auf Sphärizität (Durchschnittsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Bewegungsphase – satzweiser Vergleich der Pausenzeitsprünge nach 2 min - Pausenzeitstudie)*

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Satz	.662	3.596	5	.611	.798	1.000	.333

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

Tab. 45: *Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Durchschnittsgeschwindigkeit der 1. konzentrischen Phase – satzweiser Vergleich der Pausenzeitsprünge nach 2 min - Pausenzeitstudie)*

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Satz	Sphärizität angenommen	.072	3	.024	12.243	.000
	Greenhouse-Geisser	.072	2.393	.030	12.243	.000
	Huynh-Feldt	.072	3.000	.024	12.243	.000
	Untergrenze	.072	1.000	.072	12.243	.006
Fehler(Satz)	Sphärizität angenommen	.059	30	.002		
	Greenhouse-Geisser	.059	23.932	.002		
	Huynh-Feldt	.059	30.000	.002		
	Untergrenze	.059	10.000	.006		

Tab. 46: *T-Tests bei gepaarten Stichproben (Durchschnittsgeschwindigkeit in der 1. konzentrischen Bewegungsphase – satzweiser Vergleich der Pausenzeitsprünge nach 2 min - Pausenzeitstudie)*

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. 2- seitig
		Mittel- wert	Standard abwei- chung	Standard- fehler des Mittelwertes	95 % Konfidenzin- tervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	ersterS2 min - zweiterS2 min	.03102	.05220	.01574	-.00405	.06609	1.971	10	.077
Paaren 2	ersterS2 min - dritterS2 min	.05275	.05878	.01772	.01327	.09224	2.977	10	.014
Paaren 3	ersterS2 min - vierterS2 min	.11088	.07781	.02346	.05861	.16316	4.726	10	.001
Paaren 4	zweiterS2 min - dritterS2 min	.02174	.04380	.01320	-.00769	.05116	1.646	10	.131
Paaren 5	zweiterS2 min - vierterS2 min	.07986	.06608	.01993	.03547	.12426	4.008	10	.002
Paaren 6	dritterS2 min - vierterS2 min	.05813	.07129	.02150	.01023	.10602	2.704	10	.022

Tab. 47: *Mauchly-Test auf Sphärizität (Durchschnittsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Bewegungsphase – satzweiser Vergleich der Pausenzeitsprünge nach 3 min - Pausenzeitstudie)*

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Satz	.248	12.164	5	.034	.667	.834	.333

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

Tab. 48: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Durchschnittsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Phase – satzweiser Vergleich der Pausenzeitsprünge nach 3 min - Pausenzeitstudie)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Satz	Sphärizität angenommen	.033	3	.011	5.453	.004
	Greenhouse-Geisser	.033	2.000	.016	5.453	.013
	Huynh-Feldt	.033	2.501	.013	5.453	.007
	Untergrenze	.033	1.000	.033	5.453	.042
Fehler(Satz)	Sphärizität angenommen	.060	30	.002		
	Greenhouse-Geisser	.060	20.003	.003		
	Huynh-Feldt	.060	25.005	.002		
	Untergrenze	.060	10.000	.006		

Tab. 49: T-Tests bei gepaarten Stichproben (Durchschnittsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Phase – satzweiser Vergleich der Pausenzeitsprünge nach 3 min - Pausenzeitstudie)

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95 % Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	ersterS3 min - zweiterS3 min	-.00205	.08585	.02589	-.05973	.05562	-.079	10	.938
Paaren 2	ersterS3 min - dritterS3 min	.03391	.06121	.01846	-.00721	.07503	1.837	10	.096
Paaren 3	ersterS3 min - vierterS3 min	.06405	.06173	.01861	.02259	.10552	3.442	10	.006
Paaren 4	zweiterS3 min - dritterS3 min	.03596	.06705	.02022	-.00908	.08101	1.779	10	.106
Paaren 5	zweiterS3 min - vierterS3 m.	.06611	.06234	.01880	.02423	.10799	3.517	10	.006
Paaren 6	dritterS3 min - vierterS3 min	.03015	.02352	.00709	.01435	.04595	4.251	10	.002

Tab. 50: Mauchly-Test auf Sphärizität (Durchschnittsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Bewegungsphase – satzweiser Vergleich der Pausenzeitsprünge nach 4 min - Pausenzeitstudie)

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Satz	.240	12.440	5	.030	.614	.746	.333
Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.							

Tab. 51: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Durchschnittsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Phase – satzweiser Vergleich der Pausenzeitsprünge nach 4 min - Pausenzeitstudie)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Satz	Sphärizität angenommen	.028	3	.009	3.580	.025
	Greenhouse-Geisser	.028	1.842	.015	3.580	.052
	Huynh-Feldt	.028	2.239	.012	3.580	.040

	Untergrenze	.028	1.000	.028	3.580	.088
Fehler(Satz)	Sphärizität angenommen	.078	30	.003		
	Greenhouse-Geisser	.078	18.421	.004		
	Huynh-Feldt	.078	22.387	.003		
	Untergrenze	.078	10.000	.008		

Tab. 52: T-Test bei gepaarten Stichproben (Durchschnittsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Phase – satzweiser Vergleich der Pausenzeitsprünge nach 4 min - Pausenzeitstudie)

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95 % Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	ersterS4 m - zweiterS4 m	.02179	.04773	.01439	-.01028	.05386	1.514	10	.161
Paaren 2	ersterS4 m - dritterS4 m	.05809	.08314	.02507	.00224	.11394	2.317	10	.043
Paaren 3	ersterS4 m - vierterS4 m	.05972	.05476	.01651	.02293	.09651	3.617	10	.005
Paaren 4	zweiterS4 m - dritterS4 m	.03630	.09266	.02794	-.02595	.09855	1.299	10	.223
Paaren 5	zweiterS4 m - vierterS4 m	.03793	.08353	.02519	-.01819	.09404	1.506	10	.163
Paaren 6	dritterS4 m - vierterS4 m	.00163	.05926	.01787	-.03818	.04144	.091	10	.929

Tab. 53: Mauchly-Test auf Sphärizität (Durchschnittsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Bewegungsphase – satzweiser Vergleich der Pausenzeitsprünge nach 5 min - Pausenzeitstudie)

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Satz	.844	1.478	5	.916	.898	1.000	.333

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

Tab. 54: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Durchschnittsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Bewegungsphase – satzweiser Vergleich der Pausenzeitsprünge nach 5 min - Pausenzeitstudie)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Satz	Sphärizität angenommen	.052	3	.017	13.304	.000
	Greenhouse-Geisser	.052	2.694	.019	13.304	.000
	Huynh-Feldt	.052	3.000	.017	13.304	.000
	Untergrenze	.052	1.000	.052	13.304	.004
Fehler(Satz)	Sphärizität angenommen	.039	30	.001		
	Greenhouse-Geisser	.039	26.939	.001		
	Huynh-Feldt	.039	30.000	.001		
	Untergrenze	.039	10.000	.004		

Tab. 55: T-Tests bei gepaarten Stichproben (Durchschnittsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Phase – satzweiser Vergleich der Pausenzeitssprünge nach 5 min - Pausenzeitstudie)

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95 % Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	ersterS5 min - zweiterS5 min	.03468	.04266	.01286	.00602	.06334	2.696	10	.022
Paaren 2	ersterS5 min - dritterS5 min	.07742	.04504	.01358	.04716	.10767	5.701	10	.000
Paaren 3	ersterS5 min - vierterS5 min	.08569	.05237	.01579	.05051	.12088	5.427	10	.000
Paaren 4	zweiterS5 min - dritterS5 min	.04274	.04877	.01471	.00997	.07550	2.906	10	.016
Paaren 5	zweiterS5 min - vierterS5 m	.05101	.05939	.01791	.01111	.09091	2.849	10	.017
Paaren 6	dritterS5 min - vierterS5 min	.00827	.05694	.01717	-.02998	.04653	.482	10	.640

Tab. 56: Mauchly-Test auf Sphärizität - Satzvergleich gemittelt über alle Pausenzeiten (Parameter Durchschnittsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Phase - Pausenzeitstudie)

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Sätze	.318	9.988	5	.077	.571	.677	.333

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

Tab. 57: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung - Satzvergleich gemittelt über alle Pausenzeiten (Parameter Durchschnittsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Phase - Pausenzeitstudie)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Sätze	Sphärizität angenommen	.037	3	.012	20.796	.000
	Greenhouse-Geisser	.037	1.712	.021	20.796	.000
	Huynh-Feldt	.037	2.030	.018	20.796	.000
	Untergrenze	.037	1.000	.037	20.796	.001
Fehler(Sätze)	Sphärizität angenommen	.018	30	.001		
	Greenhouse-Geisser	.018	17.116	.001		
	Huynh-Feldt	.018	20.302	.001		
	Untergrenze	.018	10.000	.002		

Tab. 58: T-Test bei gepaarten Stichproben – Satzvergleich gemittelt über alle Pausenzeiten (Parameter Durchschnittsgeschwindigkeit in der ersten konzentrischen Phase - Pausenzeitstudie)

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95 % Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	ersterSatz - zweiterSatz	.01818	.02228	.00672	.00321	.03315	2.707	10	.022
Paaren 2	ersterSatz - dritterSatz	.04909	.03145	.00948	.02796	.07022	5.177	10	.000
Paaren 3	ersterSatz - vierterSatz	.07545	.04612	.01391	.04447	.10644	5.426	10	.000
Paaren 4	zweiterSatz - dritterSatz	.03091	.03113	.00939	.01000	.05182	3.293	10	.008
Paaren 5	zweiterSatz - vierterSatz	.05727	.04245	.01280	.02876	.08579	4.475	10	.001
Paaren 6	dritterSatz - vierterSatz	.02636	.02618	.00789	.00877	.04395	3.340	10	.007

Tab. 59: Deskriptive Statistik der Pausenzeitstudie (Parameter: Durchschnittskraft in der zweiten exzentrischen Phase in Watt)

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Fex2Kontrollspr	11	175	585	378.82	120.596
Fex2ersterSzehnSek	11	209	794	412.73	156.947
Fex2ersterSeineMin	11	156	613	427.55	146.346
Fex2ersterSzweiMin	11	233	710	449.91	143.403
Fex2ersterSdreiMin	11	151	645	419.36	148.005
Fex2ersterSvierMin	11	195	609	399.64	122.134
Fex2ersterSfünfMin	11	152	599	385.91	145.093
Fex2zweiterSzehnSek	11	108	679	363.45	152.798
Fex2zweiterSeineMin	11	208	663	470.09	136.985
Fex2zweiterSzweiMin	11	177	767	442.82	164.692
Fex2zweiterSdreiMin	11	300	698	452.00	120.032
Fex2zweiterSvierMin	11	176	817	431.82	164.423
Fex2zweiterSfünfMin	11	171	735	436.91	154.996
Fex2dritterSzehnSek	11	131	795	424.64	175.469
Fex2dritterSeineMin	11	122	784	484.27	202.115
Fex2dritterSzweiMin	11	227	836	453.27	164.373
Fex2dritterSdreiMin	11	209	577	426.00	123.602
Fex2dritterSvierMin	11	186	618	420.64	148.275
Fex2dritterSfünfMin	11	188	674	397.18	138.752
Fex2vierterSzehnSek	11	173	725	426.09	143.192
Fex2vierterSeineMin	11	194	699	469.55	149.489
Fex2vierterSzweiMin	11	177	760	409.73	154.534
Fex2vierterSdreiMin	11	234	631	421.00	126.537
Fex2vierterSvierMin	11	146	667	431.18	141.212
Fex2vierterSfünfMin	11	198	721	430.55	137.746
Fex2alleSzehnSek	11	155	748	406.73	143.794
Fex2alleSeineMin	11	170	680	462.64	151.164
Fex2alleSzweiMin	11	214	768	439.09	150.394
Fex2alleSdreiMin	11	238	625	429.45	121.085
Fex2alleSvierMin	11	189	663	420.73	133.912

Fex2alleSfünfMin	11	204	682	412.55	136.001
Gültige Werte (Listenweise)	11				

Tab. 60: Normalverteilungstest (Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest) der Pausenzeitstudie (Parameter: Durchschnittskraft in der zweiten exzentrischen Phase)

	N	Parameter der Normalverteilung ^{a,b}		Extremste Differenzen			Kolmogorov-Smirnov-Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Absolut	Positiv	Negativ		
Fex2Kontrollspr	11	378.82	120.596	.155	.134	-.155	.514	.954
Fex2ersterSzehnSek	11	412.73	156.947	.163	.163	-.097	.542	.931
Fex2ersterSeineMin	11	427.55	146.346	.165	.123	-.165	.548	.925
Fex2ersterSzweiMin	11	449.91	143.403	.098	.098	-.088	.326	1.000
Fex2ersterSdreiMin	11	419.36	148.005	.219	.120	-.219	.727	.666
Fex2ersterSvierMin	11	399.64	122.134	.126	.088	-.126	.419	.995
Fex2ersterSfünfMin	11	385.91	145.093	.101	.098	-.101	.333	1.000
Fex2zweiterSzehnSek	11	363.45	152.798	.169	.145	-.169	.560	.912
Fex2zweiterSeineMin	11	470.09	136.985	.130	.108	-.130	.432	.992
Fex2zweiterSzweiMin	11	442.82	164.692	.183	.136	-.183	.608	.854
Fex2zweiterSdreiMin	11	452.00	120.032	.187	.187	-.103	.622	.834
Fex2zweiterSvierMin	11	431.82	164.423	.204	.201	-.204	.676	.751
Fex2zweiterSfünfMin	11	436.91	154.996	.158	.158	-.156	.524	.947
Fex2dritterSzehnSek	11	424.64	175.469	.152	.152	-.147	.504	.962
Fex2dritterSeineMin	11	484.27	202.115	.170	.170	-.148	.565	.907
Fex2dritterSzweiMin	11	453.27	164.373	.235	.235	-.193	.778	.581
Fex2dritterSdreiMin	11	426.00	123.602	.161	.118	-.161	.533	.939
Fex2dritterSvierMin	11	420.64	148.275	.190	.115	-.190	.630	.822
Fex2dritterSfünfMin	11	397.18	138.752	.124	.108	-.124	.412	.996
Fex2vierterSzehnSek	11	426.09	143.192	.238	.238	-.184	.790	.561
Fex2vierterSeineMin	11	469.55	149.489	.166	.118	-.166	.550	.923
Fex2vierterSzweiMin	11	409.73	154.534	.165	.165	-.094	.547	.926
Fex2vierterSdreiMin	11	421.00	126.537	.142	.136	-.142	.469	.980
Fex2vierterSvierMin	11	431.18	141.212	.111	.111	-.110	.368	.999
Fex2vierterSfünfMin	11	430.55	137.746	.164	.164	-.154	.544	.929
Fex2alleSzehnSek	11	406.73	143.794	.291	.291	-.193	.965	.310
Fex2alleSeineMin	11	462.64	151.164	.173	.149	-.173	.574	.897
Fex2alleSzweiMin	11	439.09	150.394	.148	.139	-.148	.492	.969
Fex2alleSdreiMin	11	429.45	121.085	.129	.112	-.129	.428	.993
Fex2alleSvierMin	11	420.73	133.912	.106	.106	-.099	.351	1.000
Fex2alleSfünfMin	11	412.55	136.001	.138	.138	-.085	.458	.985

a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.
b. Aus den Daten berechnet.

Tab. 61: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Durchschnittskraft in der zweiten exzentrischen Phase – Vergleich Kontroll- und einzelne Pausenzeitprüfungen - Pausenzeitstudie)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Sprünge	Sphärizität angenommen	214669.251	24	8944.552	2.165	.002
	Greenhouse-Geisser	214669.251	5.406	39712.352	2.165	.067
	Huynh-Feldt	214669.251	12.507	17164.068	2.165	.016

	Untergrenze	214669.251	1.000	214669.251	2.165	.172
Fehler(Sprünge)	Sphärizität angenommen	991316.429	240	4130.485		
	Greenhouse-Geisser	991316.429	54.056	18338.680		
	Huynh-Feldt	991316.429	125.069	7926.157		
	Untergrenze	991316.429	10.000	99131.643		

Tab. 62: T-Test bei gepaarten Stichproben (Durchschnittskraft in der zweiten exzentrischen Phase – Vergleich Kontroll- und einzelne Pausenzeitsprünge - Pausenzeitstudie)

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
			Standard abweichung	Stand- ardfeh- ler des Mittel- wertes	95 % Konfidenzin- tervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	Fex2Kontrollspr - Fex2ersterSzehnSek	-33.909	83.224	25.093	-89.820	22.002	-1.351	10	.206
Paaren 2	Fex2Kontrollspr - Fex2ersterSeineMin	-48.727	90.833	27.387	-109.750	12.295	-1.779	10	.106
Paaren 3	Fex2Kontrollspr - Fex2ersterSzweiMin	-71.091	64.661	19.496	-114.531	-27.651	-3.646	10	.004
Paaren 4	Fex2Kontrollspr - Fex2ersterSdreiMin	-40.545	77.547	23.381	-92.642	11.551	-1.734	10	.114
Paaren 5	Fex2Kontrollspr - Fex2ersterSvierMin	-20.818	67.516	20.357	-66.176	24.539	-1.023	10	.331
Paaren 6	Fex2Kontrollspr - Fex2ersterSfünfMin	-7.091	102.931	31.035	-76.241	62.059	-.228	10	.824
Paaren 7	Fex2ersterSzehnSek - Fex2ersterSeineMin	-14.818	131.348	39.603	-103.059	73.423	-.374	10	.716
Paaren 8	Fex2ersterSzehnS - Fex2ersterSzweiM	-37.182	103.021	31.062	-106.392	32.029	-1.197	10	.259
Paaren 9	Fex2ersterSzehnSek - Fex2ersterSdreiMin	-6.636	106.592	32.139	-78.246	64.973	-.206	10	.841
Paaren 10	Fex2ersterSzehnSek - Fex2ersterSvierMin	13.091	99.174	29.902	-53.535	79.717	.438	10	.671
Paaren 11	Fex2ersterSzehnSek - Fex2ersterSfünfMin	26.818	140.490	42.359	-67.565	121.201	.633	10	.541
Paaren 12	Fex2ersterSeineMin - Fex2ersterSzweiMin	-22.364	95.531	28.804	-86.543	41.815	-.776	10	.455
Paaren 13	Fex2ersterSeineMin - Fex2ersterSdreiMin	8.182	67.869	20.463	-37.413	53.777	.400	10	.698
Paaren 14	Fex2ersterSeineMin - Fex2ersterSvierMin	27.909	95.961	28.933	-36.558	92.376	.965	10	.357
Paaren 15	Fex2ersterSeineMin - Fex2ersterSfünfMin	41.636	87.410	26.355	-17.086	100.359	1.580	10	.145
Paaren 16	Fex2ersterSzweiMin - Fex2ersterSdreiMin	30.545	60.636	18.282	-10.190	71.281	1.671	10	.126
Paaren 17	Fex2ersterSzweiMin - Fex2ersterSvierMin	50.273	49.163	14.823	17.244	83.301	3.391	10	.007
Paaren 18	Fex2ersterSzweiMin - Fex2ersterSfünfMin	64.000	72.686	21.916	15.169	112.831	2.920	10	.015
Paaren 19	Fex2ersterSdreiMin - Fex2ersterSvierMin	19.727	59.923	18.068	-20.530	59.984	1.092	10	.301
Paaren 20	Fex2ersterSdreiMin - Fex2ersterSfünfMin	33.455	73.206	22.072	-15.726	82.635	1.516	10	.161

Paaren 21	Fex2ersterSvierMin - Fex2ersterSfünfMin	13.727	78.694	23.727	-39.140	66.595	.579	10	.576
Paaren 22	Fex2Kontrollspr - Fex2zweiterSzehnS	15.364	107.099	32.292	-56.587	87.314	.476	10	.644
Paaren 23	Fex2Kontrollspr - Fex2zweiterSeineMin	-91.273	55.460	16.722	-128.531	-54.014	-5.458	10	.000
Paaren 24	Fex2Kontrollspr - Fex2zweiterSzweiM	-64.000	71.086	21.433	-111.756	-16.244	-2.986	10	.014
Paaren 25	Fex2Kontrollspr - Fex2zweiterSdreiMin	-73.182	69.746	21.029	-120.038	-26.326	-3.480	10	.006
Paaren 26	Fex2Kontrollspr - Fex2zweiterSvierMin	-53.000	80.232	24.191	-106.901	.901	-2.191	10	.053
Paaren 27	Fex2Kontrollspr - Fex2zweiterSfünfMin	-58.091	72.528	21.868	-106.816	-9.366	-2.656	10	.024
Paaren 28	Fex2zweiterSzehnS - Fex2zweiterSeineMin	-106.636	117.183	35.332	-185.361	-27.912	-3.018	10	.013
Paaren 29	Fex2zweiterSzehnS - Fex2zweiterSzweiM	-79.364	131.444	39.632	-167.669	8.941	-2.003	10	.073
Paaren 30	Fex2zweiterSzehnS - Fex2zweiterSdreiMin	-88.545	134.585	40.579	-178.961	1.870	-2.182	10	.054
Paaren 31	Fex2zweiterSzehnS - Fex2zweiterSvierMin	-68.364	113.594	34.250	-144.677	7.950	-1.996	10	.074
Paaren 32	Fex2zweiterSzehnS - Fex2zweiterSfünfMin	-73.455	136.090	41.033	-164.881	17.972	-1.790	10	.104
Paaren 33	Fex2zweiterSeineM - Fex2zweiterSzweiM	27.273	58.220	17.554	-11.840	66.386	1.554	10	.151
Paaren 34	Fex2zweiterSeineM - Fex2zweiterSdreiMin	18.091	65.223	19.666	-25.727	61.909	.920	10	.379
Paaren 35	Fex2zweiterSeineM - Fex2zweiterSvierMin	38.273	74.706	22.525	-11.916	88.461	1.699	10	.120
Paaren 36	Fex2zweiterSeineM - Fex2zweiterSfünfMin	33.182	69.534	20.965	-13.532	79.895	1.583	10	.145
Paaren 37	Fex2zweiterSzweiM - Fex2zweiterSdreiMin	-9.182	72.477	21.853	-57.873	39.509	-.420	10	.683
Paaren 38	Fex2zweiterSzweiM - Fex2zweiterSvierMin	11.000	34.024	10.258	-11.857	33.857	1.072	10	.309
Paaren 39	Fex2zweiterSzweiM - Fex2zweiterSfünfMin	5.909	39.231	11.829	-20.447	32.265	.500	10	.628
Paaren 40	Fex2zweiterSdreiM - Fex2zweiterSvierMin	20.182	76.327	23.013	-31.095	71.459	.877	10	.401
Paaren 41	Fex2zweiterSdreiM - Fex2zweiterSfünfMin	15.091	78.996	23.818	-37.979	68.161	.634	10	.541
Paaren 42	Fex2zweiterSvierM - Fex2zweiterSfünfMin	-5.091	51.013	15.381	-39.362	29.180	-.331	10	.747
Paaren 43	Fex2Kontrollspr - Fex2dritterSzehnSek	-45.818	86.215	25.995	-103.738	12.102	-1.763	10	.108
Paaren 44	Fex2Kontrollspr - Fex2dritterSeineMin	-105.455	118.700	35.789	-185.198	-25.711	-2.947	10	.015
Paaren 45	Fex2Kontrollspr - Fex2dritterSzweiMin	-74.455	70.150	21.151	-121.582	-27.327	-3.520	10	.006
Paaren 46	Fex2Kontrollspr - Fex2dritterSdreiMin	-47.182	74.937	22.594	-97.525	3.162	-2.088	10	.063
Paaren 47	Fex2Kontrollspr - Fex2dritterSvierMin	-41.818	129.163	38.944	-128.591	44.955	-1.074	10	.308
Paaren 48	Fex2Kontrollspr - Fex2dritterSfünfMin	-18.364	68.732	20.723	-64.538	27.811	-.886	10	.396

Paaren 49	Fex2dritterSzehnSek - Fex2dritterSeineMin	-59.636	95.191	28.701	-123.586	4.314	-2.078	10	.064
Paaren 50	Fex2dritterSzehnS - Fex2dritterSzweiM	-28.636	61.534	18.553	-69.976	12.703	-1.543	10	.154
Paaren 51	Fex2dritterSzehnSek - Fex2dritterSdreiMin	-1.364	116.557	35.143	-79.667	76.940	-.039	10	.970
Paaren 52	Fex2dritterSzehnSek - Fex2dritterSvierMin	4.000	157.141	47.380	-101.569	109.569	.084	10	.934
Paaren 53	Fex2dritterSzehnSek - Fex2dritterSfünfMin	27.455	93.881	28.306	-35.616	90.525	.970	10	.355
Paaren 54	Fex2dritterSeineMin - Fex2dritterSzweiMin	31.000	99.920	30.127	-36.127	98.127	1.029	10	.328
Paaren 55	Fex2dritterSeineMin - Fex2dritterSdreiMin	58.273	101.269	30.534	-9.761	126.306	1.908	10	.085
Paaren 56	Fex2dritterSeineMin - Fex2dritterSvierMin	63.636	128.888	38.861	-22.952	150.224	1.638	10	.133
Paaren 57	Fex2dritterSeineMin - Fex2dritterSfünfMin	87.091	89.915	27.110	26.685	147.497	3.212	10	.009
Paaren 58	Fex2dritterSzweiMin - Fex2dritterSdreiMin	27.273	106.335	32.061	-44.164	98.710	.851	10	.415
Paaren 59	Fex2dritterSzweiMin - Fex2dritterSvierMin	32.636	131.270	39.579	-55.552	120.825	.825	10	.429
Paaren 60	Fex2dritterSzweiMin - Fex2dritterSfünfMin	56.091	68.195	20.561	10.277	101.905	2.728	10	.021
Paaren 61	Fex2dritterSdreiMin - Fex2dritterSvierMin	5.364	78.304	23.609	-47.241	57.969	.227	10	.825
Paaren 62	Fex2dritterSdreiMin - Fex2dritterSfünfMin	28.818	72.079	21.733	-19.605	77.241	1.326	10	.214
Paaren 63	Fex2dritterSvierMin - Fex2dritterSfünfMin	23.455	96.405	29.067	-41.311	88.220	.807	10	.438
Paaren 64	Fex2Kontrollspr - Fex2vierterSzehnSek	-47.273	79.955	24.107	-100.987	6.442	-1.961	10	.078
Paaren 65	Fex2Kontrollspr - Fex2vierterSeineMin	-90.727	94.645	28.536	-154.310	-27.144	-3.179	10	.010
Paaren 66	Fex2Kontrollspr - Fex2vierterSzweiMin	-30.909	99.004	29.851	-97.421	35.603	-1.035	10	.325
Paaren 67	Fex2Kontrollspr - Fex2vierterSdreiMin	-42.182	82.877	24.988	-97.859	13.496	-1.688	10	.122
Paaren 68	Fex2Kontrollspr - Fex2vierterSvierMin	-52.364	72.376	21.822	-100.986	-3.741	-2.400	10	.037
Paaren 69	Fex2Kontrollspr - Fex2vierterSfünfMin	-51.727	68.488	20.650	-97.738	-5.716	-2.505	10	.031
Paaren 70	Fex2vierterSzehnS - Fex2vierterSeineM	-43.455	55.772	16.816	-80.922	-5.987	-2.584	10	.027
Paaren 71	Fex2vierterSzehnS - Fex2vierterSzweiMin	16.364	53.936	16.262	-19.871	52.598	1.006	10	.338
Paaren 72	Fex2vierterSzehnSek - Fex2vierterSdreiMin	5.091	49.985	15.071	-28.489	38.671	.338	10	.743
Paaren 73	Fex2vierterSzehnSek - Fex2vierterSvierMin	-5.091	43.429	13.094	-34.267	24.085	-.389	10	.706
Paaren 74	Fex2vierterSzehnSek - Fex2vierterSfünfMin	-4.455	43.762	13.195	-33.854	24.945	-.338	10	.743
Paaren 75	Fex2vierterSeineM - Fex2vierterSzweiM	59.818	73.495	22.160	10.443	109.193	2.699	10	.022
Paaren 76	Fex2vierterSeineMin - Fex2vierterSdreiMin	48.545	43.549	13.130	19.289	77.802	3.697	10	.004

Paaren 77	Fex2vierterSeineMin - Fex2vierterSvierMin	38.364	63.124	19.033	-4.044	80.771	2.016	10	.071
Paaren 78	Fex2vierterSeineMin - Fex2vierterSfünfMin	39.000	62.206	18.756	-2.791	80.791	2.079	10	.064
Paaren 79	Fex2vierterSzweiMin - Fex2vierterSdreiMin	-11.273	72.947	21.994	-60.279	37.734	-.513	10	.619
Paaren 80	Fex2vierterSzweiMin - Fex2vierterSvierMin	-21.455	85.985	25.926	-79.220	36.311	-.828	10	.427
Paaren 81	Fex2vierterSzweiMin - Fex2vierterSfünfMin	-20.818	46.047	13.884	-51.753	10.117	-1.499	10	.165
Paaren 82	Fex2vierterSdreiMin - Fex2vierterSvierMin	-10.182	61.186	18.448	-51.287	30.924	-.552	10	.593
Paaren 83	Fex2vierterSdreiMin - Fex2vierterSfünfMin	-9.545	52.690	15.887	-44.943	25.852	-.601	10	.561
Paaren 84	Fex2vierterSvierMin - Fex2vierterSfünfMin	.636	60.397	18.211	-39.939	41.212	.035	10	.973

Tab. 63: *Mauchly-Test auf Sphärizität (Durchschnittskraft in der zweiten exzentrischen Phase – Vergleich Kontroll- und Pausenzeitsprünge gemittelt - Pausenzeitstudie)*

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
ZeitMW	.010	35.473	20	.025	.496	.729	.167

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

Tab. 64: *Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Durchschnittskraft in der zweiten exzentrischen Phase – Vergleich Kontroll- und Pausenzeitsprünge gemittelt - Pausenzeitstudie)*

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
ZeitMW	Sphärizität angenommen	46041.948	6	7673.658	4.605	.001
	Greenhouse-Geisser	46041.948	2.974	15479.456	4.605	.009
	Huynh-Feldt	46041.948	4.372	10530.296	4.605	.003
	Untergrenze	46041.948	1.000	46041.948	4.605	.057
Fehler(ZeitMW)	Sphärizität angenommen	99972.338	60	1666.206		
	Greenhouse-Geisser	99972.338	29.744	3361.103		
	Huynh-Feldt	99972.338	43.723	2286.476		
	Untergrenze	99972.338	10.000	9997.234		

Tab. 65: *T-Test bei gepaarten Stichproben (Durchschnittskraft in der zweiten exzentrischen Phase – Vergleich Kontroll- und Pausenzeitsprünge gemittelt - Pausenzeitstudie)*

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95 % Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	Fex2Kontrollspr - Fex2alleSzehnSek	-27.909	62.494	18.843	-69.893	14.075	-1.481	10	.169
Paaren 2	Fex2Kontrollspr - Fex2alleSeineMin	-83.818	75.124	22.651	-134.287	-33.349	-3.700	10	.004

Paaren 3	Fex2Kontrollspr - Fex2alleSzweiMin	-60.273	63.244	19.069	-102.761	-17.785	-3.161	10	.010
Paaren 4	Fex2Kontrollspr - Fex2alleSdreiMin	-50.636	59.932	18.070	-90.899	-10.373	-2.802	10	.019
Paaren 5	Fex2Kontrollspr - Fex2alleSvierMin	-41.909	71.928	21.687	-90.231	6.413	-1.932	10	.082
Paaren 6	Fex2Kontrollspr - Fex2alleSfünfMin	-33.727	63.149	19.040	-76.151	8.697	-1.771	10	.107
Paaren 7	Fex2alleSzehnS - Fex2alleSeineMin	-55.909	86.508	26.083	-114.026	2.208	-2.143	10	.058
Paaren 8	Fex2alleSzehnS - Fex2alleSzweiMin	-32.364	52.254	15.755	-67.468	2.741	-2.054	10	.067
Paaren 9	Fex2alleSzehnSek - Fex2alleSdreiMin	-22.727	76.710	23.129	-74.262	28.807	-.983	10	.349
Paaren 10	Fex2alleSzehnSek - Fex2alleSvierMin	-14.000	65.704	19.810	-58.140	30.140	-.707	10	.496
Paaren 11	Fex2alleSzehnSek - Fex2alleSfünfMin	-5.818	65.458	19.736	-49.794	38.157	-.295	10	.774
Paaren 12	Fex2alleSeineM - Fex2alleSzweiMin	23.545	57.389	17.303	-15.009	62.100	1.361	10	.203
Paaren 13	Fex2alleSeineMin - Fex2alleSdreiMin	33.182	43.201	13.026	4.159	62.205	2.547	10	.029
Paaren 14	Fex2alleSeineMin - Fex2alleSvierMin	41.909	50.956	15.364	7.677	76.142	2.728	10	.021
Paaren 15	Fex2alleSeineMin - Fex2alleSfünfMin	50.091	39.581	11.934	23.500	76.682	4.197	10	.002
Paaren 16	Fex2alleSzweiMin - Fex2alleSdreiMin	9.636	52.391	15.797	-25.561	44.833	.610	10	.555
Paaren 17	Fex2alleSzweiMin - Fex2alleSvierMin	18.364	49.820	15.021	-15.106	51.833	1.223	10	.250
Paaren 18	Fex2alleSzweiMin - Fex2alleSfünfMin	26.545	32.085	9.674	4.990	48.101	2.744	10	.021
Paaren 19	Fex2alleSdreiMin - Fex2alleSvierMin	8.727	29.746	8.969	-11.256	28.711	.973	10	.353
Paaren 20	Fex2alleSdreiMin - Fex2alleSfünfMin	16.909	32.706	9.861	-5.063	38.881	1.715	10	.117
Paaren 21	Fex2alleSvierMin - Fex2alleSfünfMin	8.182	38.002	11.458	-17.348	33.712	.714	10	.492

Tab. 66: Mauchly-Test auf Sphärizität (Durchschnittskraft in der zweiten exzentrischen Phase – satzweiser Vergleich der Pausenzeitsprünge nach 10 s - Pausenzeitstudie)

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Sätze	.714	2.940	5	.711	.832	1.000	.333
Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.							

Tab. 67: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Durchschnittskraft in der zweiten exzentrischen Phase – satzweiser Vergleich der Pausenzeitsprünge nach 10 s - Pausenzeitstudie)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Sätze	Sphärizität angen.	28646.364	3	9548.788	1.732	.182

Fehler(Sätze)	Greenhouse-Geisser	28646.364	2.495	11482.392	1.732	.192
	Huynh-Feldt	28646.364	3.000	9548.788	1.732	.182
	Untergrenze	28646.364	1.000	28646.364	1.732	.218
	Sphärizität angen.	165436.636	30	5514.555		
	Greenhouse-Geisser	165436.636	24.948	6631.237		
	Huynh-Feldt	165436.636	30.000	5514.555		
	Untergrenze	165436.636	10.000	16543.664		

Tab. 68: Mauchly-Test auf Sphärizität (Durchschnittskraft in der zweiten exzentrischen Phase – satzweiser Vergleich der Pausenzeitsprünge nach 1 min - Pausenzeitstudie)

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Sätze	.622	4.142	5	.531	.767	1.000	.333

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

Tab. 69: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Durchschnittskraft in der zweiten exzentrischen Phase – satzweiser Vergleich der Pausenzeitsprünge nach 1 min - Pausenzeitstudie)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Sätze	Sphärizität angen.	19828.636	3	6609.545	1.674	.194
	Greenhouse-Geisser	19828.636	2.300	8619.723	1.674	.207
	Huynh-Feldt	19828.636	3.000	6609.545	1.674	.194
	Untergrenze	19828.636	1.000	19828.636	1.674	.225
Fehler(Sätze)	Sphärizität angen.	118472.864	30	3949.095		
	Greenhouse-Geisser	118472.864	23.004	5150.144		
	Huynh-Feldt	118472.864	30.000	3949.095		
	Untergrenze	118472.864	10.000	11847.286		

Tab. 70: Mauchly-Test auf Sphärizität (Durchschnittskraft in der zweiten exzentrischen Phase – satzweiser Vergleich der Pausenzeitsprünge nach 2 min - Pausenzeitstudie)

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Sätze	.468	6.614	5	.254	.757	.992	.333

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

Tab. 71: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Durchschnittskraft in der zweiten exzentrischen Phase – satzweiser Vergleich der Pausenzeitsprünge nach 2 min - Pausenzeitstudie)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Sätze	Sphärizität angen.	13135.886	3	4378.629	1.650	.199
	Greenhouse-Geisser	13135.886	2.272	5780.770	1.650	.212
	Huynh-Feldt	13135.886	2.976	4414.275	1.650	.199
	Untergrenze	13135.886	1.000	13135.886	1.650	.228
Fehler(Sätze)	Sphärizität angen.	79626.364	30	2654.212		

	Greenhouse-Geisser	79626.364	22.723	3504.154		
	Huynh-Feldt	79626.364	29.758	2675.820		
	Untergrenze	79626.364	10.000	7962.636		

Tab. 72: Mauchly-Test auf Sphärizität (Durchschnittskraft in der zweiten exzentrischen Phase – satzweiser Vergleich der Pausenzeitsprünge nach 3 min - Pausenzeitstudie)

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Sätze	.621	4.161	5	.529	.778	1.000	.333
Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.							

Tab. 73: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Durchschnittskraft in der zweiten exzentrischen Phase – satzweiser Vergleich der Pausenzeitsprünge nach 3 min - Pausenzeitstudie)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Sätze	Sphärizität angen.	7628.091	3	2542.697	.848	.479
	Greenhouse-Geisser	7628.091	2.333	3269.710	.848	.457
	Huynh-Feldt	7628.091	3.000	2542.697	.848	.479
	Untergrenze	7628.091	1.000	7628.091	.848	.379
Fehler (Sätze)	Sphärizität angen.	89959.409	30	2998.647		
	Greenhouse-Geisser	89959.409	23.330	3856.026		
	Huynh-Feldt	89959.409	30.000	2998.647		
	Untergrenze	89959.409	10.000	8995.941		

Tab. 74: Mauchly-Test auf Sphärizität (Durchschnittskraft in der zweiten exzentrischen Phase – satzweiser Vergleich der Pausenzeitsprünge nach 4 min - Pausenzeitstudie)

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Sätze	.530	5.543	5	.356	.711	.909	.333
Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.							

Tab. 75: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Durchschnittskraft in der zweiten exzentrischen Phase – satzweiser Vergleich der Pausenzeitsprünge nach 4 min - Pausenzeitstudie)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Sätze	Sphärizität angen.	7448.182	3	2482.727	.607	.616
	Greenhouse-Geisser	7448.182	2.132	3493.872	.607	.564
	Huynh-Feldt	7448.182	2.726	2732.163	.607	.601
	Untergrenze	7448.182	1.000	7448.182	.607	.454
Fehler (Sätze)	Sphärizität angen.	122721.818	30	4090.727		
	Greenhouse-Geisser	122721.818	21.318	5756.764		
	Huynh-Feldt	122721.818	27.261	4501.717		
	Untergrenze	122721.818	10.000	12272.182		

Tab. 76: Mauchly-Test auf Sphärizität (Durchschnittskraft in der zweiten exzentrischen Phase – satzweiser Vergleich der Pausenzeitsprünge nach 5 min - Pausenzeitstudie)

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Sätze	.116	18.753	5	.002	.499	.567	.333

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

Tab. 77: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Durchschnittskraft in der zweiten exzentrischen Phase – satzweiser Vergleich der Pausenzeitsprünge nach 5 min - Pausenzeitstudie)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Sätze	Sphärizität angen.	20494.000	3	6831.333	2.194	.109
	Greenhouse-Geisser	20494.000	1.497	13689.168	2.194	.154
	Huynh-Feldt	20494.000	1.702	12044.362	2.194	.147
	Untergrenze	20494.000	1.000	20494.000	2.194	.169
Fehler(Sätze)	Sphärizität angen.	93396.500	30	3113.217		
	Greenhouse-Geisser	93396.500	14.971	6238.511		
	Huynh-Feldt	93396.500	17.015	5488.930		
	Untergrenze	93396.500	10.000	9339.650		

Tab. 78: Mauchly-Test auf Sphärizität (Durchschnittskraft in der zweiten exzentrischen Phase – Satzvergleich gemittelte über verschiedene Pausenzeitsprünge- Pausenzeitstudie)

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
SätzeMW	.116	18.753	5	.002	.499	.567	.333

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

Tab. 79: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Durchschnittskraft in der zweiten exzentrischen Phase – Satzvergleich gemittelte über verschiedene Pausenzeitsprünge- Pausenzeitstudie)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
SätzeMW	Sphärizität angen.	20494.000	3	6831.333	2.194	.109
	Greenhouse-Geisser	20494.000	1.497	13689.168	2.194	.154
	Huynh-Feldt	20494.000	1.702	12044.362	2.194	.147
	Untergrenze	20494.000	1.000	20494.000	2.194	.169
Fehler (SätzeMW)	Sphärizität angen.	93396.500	30	3113.217		
	Greenhouse-Geisser	93396.500	14.971	6238.511		
	Huynh-Feldt	93396.500	17.015	5488.930		
	Untergrenze	93396.500	10.000	9339.650		

Tab. 80: Deskriptive Statistik der Pausenzeitstudie (Parameter maximaler Impuls)

Parameter Sprunghöhe (m)	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Kontrollsprünge	11	156.72	275.71	207.6180	35.49792
Satz1Pausenach10 s	11	154.58	272.39	207.8254	36.39664
Satz1Pausenach1 min	11	159.30	274.51	212.7251	36.01327
Satz1Pausenach2 min	11	159.34	275.56	210.6421	35.84618
Satz1Pausenach3 min	11	159.45	274.71	210.5497	35.86634
Satz1Pausenach4 min	11	156.09	276.50	209.8772	36.25433
Satz1Pausenach5 min	11	160.05	272.35	210.9546	35.23226
Satz2Pausenach10 s	11	154.70	272.59	207.4087	35.19204
Satz2Pausenach1 min	11	162.17	274.98	212.2422	35.27876
Satz2Pausenach2 min	11	159.69	270.42	210.4508	35.29090
Satz2Pausenach3 min	11	160.75	273.88	210.7313	35.54138
Satz2Pausenach4 min	11	157.66	272.63	209.0359	36.08744
Satz2Pausenach5 min	11	156.88	270.49	209.3152	35.31124
Satz3Pausenach10 s	11	158.74	270.24	205.6903	34.62041
Satz3Pausenach1 min	11	161.29	272.91	210.8175	35.98452
Satz3Pausenach2 min	11	157.00	271.78	209.9039	35.67006
Satz3Pausenach3 min	11	157.51	270.99	208.9601	35.44646
Satz3Pausenach4 min	11	157.73	275.85	209.1255	35.94650
Satz3Pausenach5 min	11	151.46	269.65	207.8102	36.85209
Satz4Pausenach10 s	11	156.52	266.82	204.2240	34.52767
Satz4Pausenach1 min	11	155.03	270.85	209.2236	36.99977
Satz4Pausenach2 min	11	156.17	275.97	208.1372	36.56879
Satz4Pausenach3 min	11	155.09	274.70	208.1821	37.05501
Satz4Pausenach4 min	11	151.95	275.59	208.2348	37.77585
Satz4Pausenach5 min	11	156.72	268.61	207.1530	35.24240
alleSätzePausenach10 s	11	156.14	270.51	206.2871	35.06048
alleSätzePausenach1 min	11	159.45	273.31	211.2521	36.00431
alleSätzePausenach2 min	11	158.05	273.43	209.7835	35.68110
alleSätzePausenach3 min	11	158.20	273.57	209.6058	35.88276
alleSätzePausenach4 min	11	155.86	275.14	209.0683	36.43822
alleSätzePausenach5 min	11	156.28	270.28	208.8082	35.57465
AbwersterS10 s	11	-9.77	23.36	.2074	9.01855
AbwersterS1 min	11	-1.20	28.57	5.1071	8.44739
AbwersterS2 min	11	-5.11	20.59	3.0241	6.72664
AbwersterS3 min	11	-8.56	26.15	2.9316	8.57309

AbwersterS4 min	11	-5.66	25.99	2.2592	8.39417
AbwersterS5 min	11	-3.35	20.97	3.3366	6.33869
AbwzweiterS10 s	11	-11.17	16.41	-.2093	6.76027
AbwzweiterS1 min	11	-1.82	29.02	4.6242	8.54175
AbwzweiterS2 min	11	-5.28	14.78	2.8328	4.78835
AbwzweiterS3 min	11	-4.27	23.19	3.1132	7.34751
AbwzweiterS4 min	11	-5.10	22.08	1.4179	7.60630
AbwzweiterS5 min	11	-5.22	20.57	1.6972	6.76814
AbwdritterS10 s	11	-12.39	15.18	-1.9277	7.25874
AbwdritterS1 min	11	-2.80	21.52	3.1994	6.64487
AbwdritterS2 min	11	-8.42	25.97	2.2859	8.70865
AbwdritterS3 min	11	-7.72	20.39	1.3421	7.23605
AbwdritterS4 min	11	-4.37	17.39	1.5075	5.76329
AbwdritterS5 min	11	-9.61	19.40	.1922	7.72681
AbwvierterS10 s	11	-16.14	15.61	-3.3940	9.27678
AbwvierterS1 min	11	-4.86	22.64	1.6056	7.35027
AbwvierterS2 min	11	-7.89	21.36	.5192	7.72750
AbwvierterS3 min	11	-5.67	22.16	.5641	7.58081
AbwvierterS4 min	11	-6.21	17.67	.6168	6.35929
AbwvierterS5 min	11	-8.43	14.41	-.4650	6.28775
AbwAlle10 sek	11	-11.67	17.64	-1.3309	7.56312
AbwAlle1 min	11	-2.40	25.44	3.6341	7.45534
AbwAlle2 min	11	-2.27	20.67	2.1655	6.25036
AbwAlle3 min	11	-2.58	22.97	1.9878	7.21963
AbwAlle4 min	11	-4.44	20.78	1.4503	6.65405
AbwAlle5 min	11	-5.43	18.84	1.1902	6.30777

Tab. 81: Normalverteilungstest (Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest) - Pausenzeitstudie (Maximalimpuls)

	N	Parameter der Normalverteilung ^{a,b}		Extremste Differenzen			Kolmogorov-Smirnov-Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Absolut	Positiv	Negativ		
MWKontroll	11	207.6180	35.49792	.227	.152	-.227	.752	.624
ersterS10 sek	11	207.8254	36.39664	.193	.138	-.193	.641	.805
ersterS1 min	11	212.7251	36.01327	.203	.153	-.203	.672	.757
ersterS2 min	11	210.6421	35.84618	.237	.172	-.237	.784	.570

ersterS3 min	11	210.5497	35.86634	.242	.166	-.242	.802	.541
ersterS4 min	11	209.8772	36.25433	.164	.164	-.144	.542	.930
ersterS5 min	11	210.9546	35.23226	.254	.170	-.254	.841	.479
zweiterS10 sek	11	207.4087	35.19204	.166	.142	-.166	.551	.922
zweiterS1 min	11	212.2422	35.27876	.178	.152	-.178	.590	.877
zweiterS2 min	11	210.4508	35.29090	.251	.160	-.251	.833	.492
zweiterS3 min	11	210.7313	35.54138	.206	.163	-.206	.682	.741
zweiterS4 min	11	209.0359	36.08744	.197	.149	-.197	.655	.785
zweiterS5 min	11	209.3152	35.31124	.235	.180	-.235	.779	.578
dritterS10 sek	11	205.6903	34.62041	.172	.140	-.172	.571	.900
dritterS1 min	11	210.8175	35.98452	.209	.150	-.209	.694	.721
dritterS2 min	11	209.9039	35.67006	.168	.159	-.168	.558	.914
dritterS3 min	11	208.9601	35.44646	.185	.160	-.185	.614	.846
dritterS4 min	11	209.1255	35.94650	.219	.166	-.219	.727	.667
dritterS5 min	11	207.8102	36.85209	.175	.150	-.175	.581	.889
vierterS10 sek	11	204.2240	34.52767	.146	.137	-.146	.484	.973
vierterS1 min	11	209.2236	36.99977	.233	.163	-.233	.772	.590
vierterS2 min	11	208.1372	36.56879	.192	.157	-.192	.638	.810
vierterS3 min	11	208.1821	37.05501	.216	.155	-.216	.715	.686
vierterS4 min	11	208.2348	37.77585	.205	.154	-.205	.681	.742
vierterS5 min	11	207.1530	35.24240	.198	.151	-.198	.655	.784
alleS10 sek	11	206.2871	35.06048	.173	.134	-.173	.574	.896
alleS1 min	11	211.2521	36.00431	.201	.153	-.201	.666	.767
alleS2 min	11	209.7835	35.68110	.212	.163	-.212	.703	.706
alleS3 min	11	209.6058	35.88276	.238	.160	-.238	.790	.560
alleS4 min	11	209.0683	36.43822	.205	.159	-.205	.678	.747
alleS5 min	11	208.8082	35.57465	.226	.163	-.226	.750	.628
AbwersterS10 s	11	.2074	9.01855	.239	.239	-.134	.792	.558
AbwersterS1 min	11	5.1071	8.44739	.302	.302	-.228	1.001	.269
AbwersterS2 min	11	3.0241	6.72664	.260	.260	-.169	.861	.449
AbwersterS3 min	11	2.9316	8.57309	.340	.340	-.182	1.128	.157
AbwersterS4 min	11	2.2592	8.39417	.319	.319	-.193	1.058	.213
AbwersterS5 min	11	3.3366	6.33869	.260	.260	-.222	.864	.445
AbwzweiterS10 s	11	-.2093	6.76027	.186	.186	-.185	.618	.840
AbwzweiterS1 min	11	4.6242	8.54175	.346	.346	-.225	1.148	.143
AbwzweiterS2 min	11	2.8328	4.78835	.268	.268	-.169	.888	.409
AbwzweiterS3 min	11	3.1132	7.34751	.232	.232	-.160	.769	.595

AbwzweiterS4 min	11	1.4179	7.60630	.273	.273	-.196	.906	.385
AbwzweiterS5 min	11	1.6972	6.76814	.276	.276	-.212	.916	.371
AbwdritterS10 s	11	-1.9277	7.25874	.202	.202	-.131	.670	.760
AbwdritterS1 min	11	3.1994	6.64487	.327	.327	-.183	1.084	.190
AbwdritterS2 min	11	2.2859	8.70865	.353	.353	-.195	1.172	.128
AbwdritterS3 min	11	1.3421	7.23605	.259	.259	-.110	.858	.454
AbwdritterS4 min	11	1.5075	5.76329	.276	.276	-.154	.917	.370
AbwdritterS5 min	11	.1922	7.72681	.214	.214	-.118	.711	.693
AbwvierterS10 s	11	-3.3940	9.27678	.183	.183	-.135	.608	.854
AbwvierterS1 min	11	1.6056	7.35027	.348	.348	-.226	1.154	.139
AbwvierterS2 min	11	.5192	7.72750	.290	.290	-.138	.963	.312
AbwvierterS3 min	11	.5641	7.58081	.293	.293	-.205	.973	.300
AbwvierterS4 min	11	.6168	6.35929	.248	.248	-.142	.821	.510
AbwvierterS5 min	11	-.4650	6.28775	.197	.197	-.107	.655	.785
AbwAlle10 sek	11	-1.3309	7.56312	.220	.220	-.100	.730	.661
AbwAlle1 min	11	3.6341	7.45534	.352	.352	-.231	1.169	.130
AbwAlle2 min	11	2.1655	6.25036	.394	.394	-.244	1.307	.066
AbwAlle3 min	11	1.9878	7.21963	.332	.332	-.264	1.101	.177
AbwAlle4 min	11	1.4503	6.65405	.347	.347	-.200	1.151	.141
AbwAlle5 min	11	1.1902	6.30777	.341	.341	-.170	1.131	.155
a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.								
b. Aus den Daten berechnet.								

Tab. 80: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Maximalimpuls – Vergleich Kontroll- und einzelne Pausenzeitssprünge - Pausenzeitstudie)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Einzelsprünge	Sphärizität angenommen	987.175	24	41.132	3.207	.000
	Greenhouse-Geisser	987.175	5.110	193.175	3.207	.013
	Huynh-Feldt	987.175	11.087	89.038	3.207	.001
	Untergrenze	987.175	1.000	987.175	3.207	.104
Fehler (Einzelsprünge)	Sphärizität angenommen	3077.710	240	12.824		
	Greenhouse-Geisser	3077.710	51.103	60.226		
	Huynh-Feldt	3077.710	110.871	27.759		
	Untergrenze	3077.710	10.000	307.771		

Tab. 81: T-Tests bei gepaarten Stichproben (Maximalimpuls – Vergleich Kontroll- und einzelne Pausenzeitsprünge - Pausenzeitstudie)

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95 % Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paare n 1	MWKontroll - ersterS10 sek	-.20743	9.01855	2.71919	-6.26617	5.85131	-.076	10	.941
Paare n 2	MWKontroll - ersterS1 min	-5.10709	8.44739	2.54698	-10.78213	.56795	-2.005	10	.073
Paare n 3	MWKontroll - ersterS2 min	-3.02408	6.72664	2.02816	-7.54310	1.49494	-1.491	10	.167
Paare n 4	MWKontroll - ersterS3 min	-2.93165	8.57309	2.58488	-8.69112	2.82783	-1.134	10	.283
Paare n 5	MWKontroll - ersterS4 min	-2.25918	8.39417	2.53094	-7.89846	3.38010	-.893	10	.393
Paare n 6	MWKontroll - ersterS5 min	-3.33662	6.33869	1.91119	-7.59501	.92177	-1.746	10	.111
Paare n 7	ersterS10 sek - ersterS1 min	-4.89966	6.13509	1.84980	-9.02127	-.77806	-2.649	10	.024
Paare n 8	ersterS10 sek - ersterS2 min	-2.81665	7.09281	2.13856	-7.58167	1.94836	-1.317	10	.217
Paare n 9	ersterS10 sek - ersterS3 min	-2.72422	7.03289	2.12050	-7.44898	2.00054	-1.285	10	.228
Paare n 10	ersterS10 sek - ersterS4 min	-2.05175	5.54575	1.67211	-5.77744	1.67393	-1.227	10	.248
Paare n 11	ersterS10 sek - ersterS5 min	-3.12919	5.45346	1.64428	-6.79288	.53449	-1.903	10	.086
Paare n 12	ersterS1 min - ersterS2 min	2.08301	2.63738	.79520	.31119	3.85482	2.619	10	.026
Paare n 13	ersterS1 min - ersterS3 min	2.17545	2.93220	.88409	.20556	4.14533	2.461	10	.034
Paare n 14	ersterS1 min - ersterS4 min	2.84791	3.39066	1.02232	.57004	5.12578	2.786	10	.019
Paare n 15	ersterS1 min - ersterS5 min	1.77047	3.92941	1.18476	-.86934	4.41029	1.494	10	.166
Paare n 16	ersterS2 min - ersterS3 min	.09244	2.81683	.84931	-1.79994	1.98481	.109	10	.915
Paare n 17	ersterS2 min - ersterS4 min	.76490	4.25867	1.28404	-2.09611	3.62591	.596	10	.565
Paare n 18	ersterS2 min - ersterS5 min	-.31254	3.36273	1.01390	-2.57165	1.94658	-.308	10	.764
Paare n 19	ersterS3 min - ersterS4 min	.67246	4.40691	1.32873	-2.28814	3.63306	.506	10	.624
Paare n 20	ersterS3 min - ersterS5 min	-.40497	3.63620	1.09635	-2.84780	2.03786	-.369	10	.720
Paare n 21	ersterS4 min - ersterS5 min	-1.07744	4.69306	1.41501	-4.23028	2.07540	-.761	10	.464
Paare n 22	MWKontroll - zweiterS1 min	-4.62419	8.54175	2.57543	-10.36262	1.11423	-1.795	10	.103
Paare n 23	MWKontroll - zweiterS2 min	-2.83278	4.78835	1.44374	-6.04964	.38407	-1.962	10	.078

Paare n 24	MWKontroll - zweiterS3 min	-3.11325	7.34751	2.21536	-8.04937	1.82288	-1.405	10	.190
Paare n 25	MWKontroll - zweiterS4 min	-1.41789	7.60630	2.29339	-6.52787	3.69209	-.618	10	.550
Paare n 26	MWKontroll - zweiterS5 min	-1.69715	6.76814	2.04067	-6.24406	2.84975	-.832	10	.425
Paare n 27	zweiterS10 s - zweiterS1 min	-4.83348	5.29201	1.59560	-8.38870	-1.2782	-3.029	10	.013
Paare n 28	zweiterS10 s - zweiterS2 min	-3.04207	4.99539	1.50617	-6.39802	.31388	-2.020	10	.071
Paare n 29	zweiterS10 s - zweiterS3 min	-3.32254	3.53912	1.06709	-5.70015	-.94492	-3.114	10	.011
Paare n 30	zweiterS10 s - zweiterS4 min	-1.62718	4.75677	1.43422	-4.82283	1.56846	-1.135	10	.283
Paare n 31	zweiterS10 s - zweiterS5 min	-1.90645	4.45235	1.34243	-4.89758	1.08469	-1.420	10	.186
Paare n 32	zweiterS1 min - zweiterS2 m	1.79141	5.63020	1.69757	-1.99101	5.57383	1.055	10	.316
Paare n 33	zweiterS1 min - zweiterS3 m	1.51095	4.26039	1.28456	-1.35122	4.37311	1.176	10	.267
Paare n 34	zweiterS1 min - zweiterS4 m	3.20630	4.22884	1.27504	.36533	6.04727	2.515	10	.031
Paare n 35	zweiterS1 min - zweiterS5 m	2.92704	3.52596	1.06312	.55827	5.29581	2.753	10	.020
Paare n 36	zweiterS2 min - zweiterS3 m	-.28046	4.06680	1.22619	-3.01258	2.45165	-.229	10	.824
Paare n 37	zweiterS2 min - zweiterS4 m	1.41489	4.73826	1.42864	-1.76831	4.59810	.990	10	.345
Paare n 38	zweiterS2 min - zweiterS5 m	1.13563	3.41063	1.02834	-1.15566	3.42692	1.104	10	.295
Paare n 39	zweiterS3 min - zweiterS4 m	1.69535	3.85600	1.16263	-.89514	4.28585	1.458	10	.175
Paare n 40	zweiterS3 min - zweiterS5 m	1.41609	2.79495	.84271	-.46158	3.29376	1.680	10	.124
Paare n 41	zweiterS4 min - zweiterS5 m	-.27926	3.36123	1.01345	-2.53737	1.97884	-.276	10	.788
Paare n 42	MWKontroll - zweiterS10 s	.20929	6.76027	2.03830	-4.33232	4.75090	.103	10	.920
Paare n 43	MWKontroll - dritterS10 sek	1.92775	7.25874	2.18859	-2.94874	6.80423	.881	10	.399
Paare n 44	MWKontroll - dritterS1 min	-3.19945	6.64487	2.00350	-7.66353	1.26464	-1.597	10	.141
Paare n 45	MWKontroll - dritterS2 min	-2.28593	8.70865	2.62576	-8.13648	3.56462	-.871	10	.404
Paare n 46	MWKontroll - dritterS3 min	-1.34206	7.23605	2.18175	-6.20331	3.51918	-.615	10	.552
Paare n 47	MWKontroll - dritterS4 min	-1.50745	5.76329	1.73770	-5.37929	2.36438	-.868	10	.406
Paare n 48	MWKontroll - dritterS5 min	-.19220	7.72681	2.32972	-5.38314	4.99874	-.082	10	.936
Paare n 49	dritterS10 sek - dritterS1 min	-5.12719	4.65361	1.40312	-8.25353	-2.0008	-3.654	10	.004
Paare n 50	dritterS10 sek - dritterS2 min	-4.21367	5.56679	1.67845	-7.95349	-.47385	-2.510	10	.031
Paare n 51	dritterS10 sek - dritterS3 min	-3.26981	4.07693	1.22924	-6.00873	-.53089	-2.660	10	.024

Paare n 52	dritterS10 sek - dritterS4 min	-3.43520	3.92303	1.18284	-6.07073	-.79967	-2.904	10	.016
Paare n 53	dritterS10 sek - dritterS5 min	-2.11995	5.76708	1.73884	-5.99433	1.75443	-1.219	10	.251
Paare n 54	dritterS1 min - dritterS2 min	.91352	4.83466	1.45771	-2.33445	4.16149	.627	10	.545
Paare n 55	dritterS1 min - dritterS3 min	1.85738	3.10856	.93727	-.23098	3.94574	1.982	10	.076
Paare n 56	dritterS1 min - dritterS4 min	1.69199	3.44048	1.03734	-.61936	4.00334	1.631	10	.134
Paare n 57	dritterS1 min - dritterS5 min	3.00725	3.65094	1.10080	.55451	5.45998	2.732	10	.021
Paare n 58	dritterS2 min - dritterS3 min	.94386	5.48874	1.65492	-2.74352	4.63125	.570	10	.581
Paare n 59	dritterS2 min - dritterS4 min	.77847	5.64881	1.70318	-3.01645	4.57340	.457	10	.657
Paare n 60	dritterS2 min - dritterS5 min	2.09373	5.86727	1.76905	-1.84796	6.03541	1.184	10	.264
Paare n 61	dritterS3 min - dritterS4 min	-.16539	2.33625	.70441	-1.73491	1.40412	-.235	10	.819
Paare n 62	dritterS3 min - dritterS5 min	1.14986	2.63668	.79499	-.62148	2.92121	1.446	10	.179
Paare n 63	dritterS4 min - dritterS5 min	1.31525	3.91213	1.17955	-1.31295	3.94346	1.115	10	.291
Paare n 64	MWKontroll - vierterS10 sek	3.39397	9.27678	2.79706	-2.83826	9.62620	1.213	10	.253
Paare n 65	MWKontroll - vierterS1 min	-1.60562	7.35027	2.21619	-6.54360	3.33236	-.724	10	.485
Paare n 66	MWKontroll - vierterS2 min	-.51915	7.72750	2.32993	-5.71056	4.67225	-.223	10	.828
Paare n 67	MWKontroll - vierterS3 min	-.56412	7.58081	2.28570	-5.65697	4.52874	-.247	10	.810
Paare n 68	MWKontroll - vierterS4 min	-.61675	6.35929	1.91740	-4.88898	3.65547	-.322	10	.754
Paare n 69	MWKontroll - vierterS5 min	.46503	6.28775	1.89583	-3.75914	4.68919	.245	10	.811
Paare n 70	vierterS10 sek - vierterS1 min	-4.99959	7.14248	2.15354	-9.79797	-.20121	-2.322	10	.043
Paare n 71	vierterS10 sek - vierterS2 min	-3.91313	4.27661	1.28945	-6.78619	-1.0401	-3.035	10	.013
Paare n 72	vierterS10 sek - vierterS3 min	-3.95809	5.34427	1.61136	-7.54842	-.36776	-2.456	10	.034
Paare n 73	vierterS10 sek - vierterS4 min	-4.01073	6.66764	2.01037	-8.49011	.46866	-1.995	10	.074
Paare n 74	vierterS10 sek - vierterS5 min	-2.92895	7.63556	2.30221	-8.05859	2.20070	-1.272	10	.232
Paare n 75	vierterS1 min - vierterS2 min	1.08646	4.29951	1.29635	-1.80199	3.97492	.838	10	.422
Paare n 76	vierterS1 min - vierterS3 min	1.04150	3.28823	.99144	-1.16756	3.25056	1.050	10	.318
Paare n 77	vierterS1 min - vierterS4 min	.98886	2.99838	.90404	-1.02547	3.00320	1.094	10	.300
Paare n 78	vierterS1 min - vierterS5 min	2.07065	4.05876	1.22376	-.65607	4.79736	1.692	10	.122
Paare n 79	vierterS2 min - vierterS3 min	-.04496	2.37597	.71638	-1.64116	1.55124	-.063	10	.951

Paare n 80	vierterS2 min - vierterS4 min	-.09760	3.73695	1.12673	-2.60811	2.41291	-.087	10	.933
Paare n 81	vierterS2 min - vierterS5 min	.98418	5.53138	1.66777	-2.73185	4.70022	.590	10	.568
Paare n 82	vierterS3 min - vierterS4 min	-.05264	2.61575	.78868	-1.80992	1.70465	-.067	10	.948
Paare n 83	vierterS3 min - vierterS5 min	1.02915	4.38548	1.32227	-1.91706	3.97535	.778	10	.454
Paare n 84	vierterS4 min - vierterS5 min	1.08178	3.71966	1.12152	-1.41712	3.58068	.965	10	.358

Tab. 82: *Mauchly-Test auf Sphärizität (Parameter Maximalimpuls Abweichung von den Kontrollsprünge–Vergleich der Sprünge mit unterschiedlicher Pausenzeit (gemittelt über 4 Sätze) Pausenzeitstudie)*

Innersubjekteffekt	Mauchly- W	Approximier- tes Chi- Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Green- house- Geisser	Huynh- Feldt	Unter- grenze
Pausenzeit	.062	22.547	14	.078	.409	.516	.200

Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.

Tab. 83: *Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Parameter Maximalimpuls Abweichung von den Kontrollsprünge– Vergleich der Pausenzeiten über 4 Sätze gemittelt– Pausenzeitstudie)*

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quad- ratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Faktor1	Sphärizität angen.	146.805	5	29.361	7.292	.000
	Greenhouse-Geisser	146.805	2.047	71.720	7.292	.004
	Huynh-Feldt	146.805	2.580	56.909	7.292	.002
	Untergrenze	146.805	1.000	146.805	7.292	.022
Fehler (Faktor1)	Sphärizität angen.	201.320	50	4.026		
	Greenhouse-Geisser	201.320	20.469	9.835		
	Huynh-Feldt	201.320	25.796	7.804		
	Untergrenze	201.320	10.000	20.132		

Tab. 84: *T-Test bei gepaarten Stichproben (Parameter Maximalimpuls Abweichung von den Kontrollsprünge – Vergleich der Pausenzeiten über 4 Sätze gemittelt – Pausenzeitstudie)*

		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95 % Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	AbwAlle10 sek - AbwAlle1 min	-4.9649	4.76253	1.43596	-8.1645	-1.7654	-3.458	10	.006
Paaren 2	AbwAlle10 sek - AbwAlle2 min	-3.4963	3.87335	1.16786	-6.0985	-.89423	-2.994	10	.013

Paaren 3	AbwAlle10 sek - AbwAlle3 min	-3.3186	3.68494	1.11105	-5.7942	-.84309	-2.987	10	.014
Paaren 4	AbwAlle10 sek - AbwAlle4 min	-2.7812	3.39799	1.02453	-5.0640	-.49841	-2.715	10	.022
Paaren 5	AbwAlle10 sek - AbwAlle5 min	-2.5211	4.28785	1.29284	-5.4017	.35949	-1.950	10	.080
Paaren 6	AbwAlle1 min - AbwAlle2 min	1.46860	1.67851	.50609	.34096	2.59624	2.902	10	.016
Paaren 7	AbwAlle1 min - AbwAlle3 min	1.64632	2.09261	.63095	.24048	3.05215	2.609	10	.026
Paaren 8	AbwAlle1 min - AbwAlle4 min	2.18377	2.49790	.75314	.50566	3.86187	2.900	10	.016
Paaren 9	AbwAlle1 min - AbwAlle5 min	2.44385	2.19144	.66074	.97162	3.91608	3.699	10	.004
Paaren 10	AbwAlle2 min - AbwAlle3 min	.17772	1.56318	.47132	-.87244	1.22788	.377	10	.714
Paaren 11	AbwAlle2 min - AbwAlle4 min	.71517	1.72571	.52032	-.44418	1.87451	1.374	10	.199
Paaren 12	AbwAlle2 min - AbwAlle5 min	.97525	1.68122	.50691	-.15421	2.10471	1.924	10	.083
Paaren 13	AbwAlle3 min - AbwAlle4 min	.53745	2.07442	.62546	-.85616	1.93106	.859	10	.410
Paaren 14	AbwAlle3 min - AbwAlle5 min	.79753	2.13803	.64464	-.63882	2.23388	1.237	10	.244
Paaren 15	AbwAlle4 min - AbwAlle5 min	.26008	2.05803	.62052	-1.1225	1.64269	.419	10	.684

Tab. 85: *Mauchly-Test auf Sphärizität (Parameter Maximalimpuls – satzweiser Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit - Pausenzeitstudie)*

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Satz (Sprünge 10 s)	.080	21.993	5	.001	.491	.556	.333
Satz (Sprünge 1 m.)	.520	5.711	5	.338	.682	.859	.333
Satz (Sprünge 2 m.)	.867	1.246	5	.941	.926	1.000	.333
Satz (Sprünge 3 m.)	.425	7.454	5	.191	.666	.833	.333
Satz (Sprünge 4 m.)	.548	5.252	5	.389	.723	.930	.333
Satz (Sprünge 5 m.)	.200	14.033	5	.016	.683	.861	.333
Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.							

Tab. 86: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Parameter Maximalimpuls – satzweiser Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit - Pausenzeitstudie)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Satz (Spr. 10 s)	Sphärizität angenommen	32.083	3	10.694	1.412	.259
	Greenhouse-Geisser	32.083	1.474	21.759	1.412	.268
	Huynh-Feldt	32.083	1.668	19.236	1.412	.268
	Untergrenze	32.083	1.000	32.083	1.412	.262
Fehler (Satz)	Sphärizität angenommen	227.217	30	7.574		
	Greenhouse-Geisser	227.217	14.745	15.410		
	Huynh-Feldt	227.217	16.678	13.624		
	Untergrenze	227.217	10.000	22.722		
Sätze (Spr. 1 min)	Sphärizität angenommen	81.990	3	27.330	4.064	.015
	Greenhouse-Geisser	81.990	2.046	40.080	4.064	.032
	Huynh-Feldt	81.990	2.578	31.810	4.064	.021
	Untergrenze	81.990	1.000	81.990	4.064	.071
Fehler (Sätze)	Sphärizität angenommen	201.723	30	6.724		
	Greenhouse-Geisser	201.723	20.457	9.861		
	Huynh-Feldt	201.723	25.775	7.826		
	Untergrenze	201.723	10.000	20.172		
Sätze (Spr. 2 min)	Sphärizität angenommen	42.981	3	14.327	.906	.450
	Greenhouse-Geisser	42.981	2.778	15.470	.906	.445
	Huynh-Feldt	42.981	3.000	14.327	.906	.450
	Untergrenze	42.981	1.000	42.981	.906	.364
Fehler (Sätze)	Sphärizität angenommen	474.628	30	15.821		
	Greenhouse-Geisser	474.628	27.783	17.083		
	Huynh-Feldt	474.628	30.000	15.821		
	Untergrenze	474.628	10.000	47.463		
Sätze (Spr. 3 min)	Sphärizität angenommen	50.614	3	16.871	1.756	.177
	Greenhouse-Geisser	50.614	1.999	25.324	1.756	.198
	Huynh-Feldt	50.614	2.498	20.264	1.756	.188
	Untergrenze	50.614	1.000	50.614	1.756	.215
Fehler (Sätze)	Sphärizität angenommen	288.203	30	9.607		
	Greenhouse-Geisser	288.203	19.987	14.420		
	Huynh-Feldt	288.203	24.977	11.539		
	Untergrenze	288.203	10.000	28.820		
Sätze (Spr. 4 min)	Sphärizität angenommen	14.887	3	4.962	.599	.621
	Greenhouse-Geisser	14.887	2.169	6.865	.599	.571
	Huynh-Feldt	14.887	2.791	5.335	.599	.610
	Untergrenze	14.887	1.000	14.887	.599	.457
Fehler (Sätze)	Sphärizität angenommen	248.683	30	8.289		
	Greenhouse-Geisser	248.683	21.686	11.467		
	Huynh-Feldt	248.683	27.907	8.911		
	Untergrenze	248.683	10.000	24.868		

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Satz (Spr. 10 s)	Sphärizität angenommen	32.083	3	10.694	1.412	.259
	Greenhouse-Geisser	32.083	1.474	21.759	1.412	.268
	Huynh-Feldt	32.083	1.668	19.236	1.412	.268
	Untergrenze	32.083	1.000	32.083	1.412	.262
Fehler (Satz)	Sphärizität angenommen	227.217	30	7.574		
	Greenhouse-Geisser	227.217	14.745	15.410		
	Huynh-Feldt	227.217	16.678	13.624		
Sätze (Spr. 5 min)	Sphärizität angenommen	94.599	3	31.533	3.628	.024
	Greenhouse-Geisser	94.599	2.049	46.157	3.628	.044
	Huynh-Feldt	94.599	2.584	36.609	3.628	.031
	Untergrenze	94.599	1.000	94.599	3.628	.086
Fehler (Sätze)	Sphärizität angenommen	260.744	30	8.691		
	Greenhouse-Geisser	260.744	20.495	12.722		
	Huynh-Feldt	260.744	25.840	10.091		
	Untergrenze	260.744	10.000	26.074		

Tab. 87: T-Test bei gepaarten Stichproben (Parameter Maximalimpuls-satzweiser Vergleich der Sprünge mit 1 min Pausenzeit - Pausenzeitstudie)

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen				T	df	Sig. (2-seitig)	
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95 % Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere				Obere
Paaren 1	ersterS1 min - zweiterS1 min	.48290	2.68544	.80969	-1.32120	2.28700	.596	10	.564
Paaren 2	ersterS1 min - dritterS1 min	1.90765	3.86160	1.16432	-.68661	4.50190	1.638	10	.132
Paaren 3	ersterS1 min - vierterS1 min	3.50147	4.03869	1.21771	.78824	6.21470	2.875	10	.017
Paaren 4	zweiterS1 min - dritterS1 min	1.42475	3.99269	1.20384	-1.25758	4.10707	1.183	10	.264
Paaren 5	zweiterS1 min - vierterS1 min	3.01857	4.39474	1.32506	.06615	5.97100	2.278	10	.046
Paaren 6	dritterS1 min - vierterS1 min	1.59383	2.64561	.79768	-.18352	3.37117	1.998	10	.074
Paaren 7	ersterS5 min - zweiterS5 min	1.63946	1.67162	.50401	.51645	2.76248	3.253	10	.009
Paaren 8	ersterS5 min - dritterS5 min	3.14442	4.92847	1.48599	-.16658	6.45541	2.116	10	.060
Paaren 9	ersterS5 min - vierterS5 min	3.80165	4.62853	1.39555	.69216	6.91113	2.724	10	.021
Paaren 10	zweiterS5 min - dritterS5 min	1.50495	4.02435	1.21339	-1.19864	4.20855	1.240	10	.243
Paaren 11	zweiterS5 min - vierterS5 min	2.16218	4.49318	1.35474	-.85638	5.18074	1.596	10	.142
Paaren 12	dritterS5 min - vierterS5 min	.65723	4.40523	1.32823	-2.30225	3.61670	.495	10	.631

Tab. 90: Mauchly-Test auf Sphärizität (Parameter Maximalimpuls – Satzvergleich gemittelt über die verschiedenen Pausenzeiten - Pausenzeitstudie)

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
SatzMW	.306	10.332	5	.068	.608	.736	.333
Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.							

Tab. 91: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Parameter Maximalimpuls – Satzvergleich gemittelt über die verschiedenen Pausenzeiten - Pausenzeitstudie)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
SatzMW	Sphärizität angenommen	54.664	3	18.221	5.814	.003
	Greenhouse-Geisser	54.664	1.823	29.986	5.814	.013
	Huynh-Feldt	54.664	2.208	24.760	5.814	.008
	Untergrenze	54.664	1.000	54.664	5.814	.037
Fehler (SatzMW)	Sphärizität angenommen	94.027	30	3.134		
	Greenhouse-Geisser	94.027	18.230	5.158		
	Huynh-Feldt	94.027	22.077	4.259		
	Untergrenze	94.027	10.000	9.403		

Tab. 88: T-Test bei gepaarten Stichproben (Parameter Maximalimpuls – Satzvergleich gemittelt über die verschiedenen Pausenzeitssprünge - Pausenzeitstudie)

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95 % Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paare n 1	SatzMW1 - SatzMW2	.56501	2.13149	.64267	- .86694	1.99697	.879	10	.400
Paare n 2	SatzMW1 - SatzMW3	1.71112	2.81537	.84887	- .18027	3.60251	2.016	10	.071
Paare n 3	SatzMW1 - SatzMW4	2.90323	3.46423	1.04450	.57593	5.23053	2.780	10	.019
Paare n 4	SatzMW2 - SatzMW3	1.14610	1.58164	.47688	.08355	2.20866	2.403	10	.037
Paare n 5	SatzMW2 - SatzMW4	2.33822	2.66777	.80436	.54599	4.13045	2.907	10	.016
Paare n 6	SatzMW3 - SatzMW4	1.19212	1.87663	.56582	- .06862	2.45285	2.107	10	.061

Tab. 89: Deskriptive Statistik der Pausenzeitstudie (Parameter Maximalleistung)

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
PPKontroll	11	1550	3389	2229.34	630.157
PP1zehn	11	1492	3183	2159.76	550.866
PP1eine	11	1528	3189	2245.68	563.199
PP1zwei	11	1486	3219	2224.01	590.051

PP1drei	11	1510	3210	2191.21	563.005
PP1vier	11	1460	3160	2171.63	594.128
PP1fünf	11	1523	3470	2223.64	624.479
PP2zehn	11	1544	3250	2182.36	572.193
PP2eine	11	1630	3121	2204.19	527.429
PP2zwei	11	1504	3289	2208.79	607.227
PP2drei	11	1500	3246	2208.38	581.684
PP2vier	11	1502	3421	2177.80	608.393
PP2fünf	11	1543	3124	2167.66	537.737
PP3zehn	11	1500	3158	2090.19	531.217
PP3eine	11	1539	3214	2189.51	558.833
PP3zwei	11	1456	3256	2151.53	582.110
PP3drei	11	1503	3288	2136.77	589.730
PP3vier	11	1456	3174	2127.45	567.101
PP3fünf	11	1429	3284	2118.56	591.274
PP4zehn	11	1422	3147	2011.90	534.725
PP4eine	11	1453	3053	2141.51	520.023
PP4zwei	11	1445	3113	2125.73	567.205
PP4drei	11	1421	3074	2058.06	534.893
PP4vier	11	1387	3026	2080.53	572.322
PP4fünf	11	1357	2980	2035.03	554.705
PPallezehn	11	1506	3185	2111.05	539.598
PPalleeins	11	1538	3144	2195.22	539.107
PPallezwei	11	1513	3219	2177.51	581.033
PPalledrei	11	1496	3204	2148.60	562.672
PPallevier	11	1486	3195	2139.35	580.241
PPallefünf	11	1478	3214	2136.22	573.972

Tab. 90: Normalverteilungstest – Pausenzeitstudie (Parameter Maximalleistung)

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest								
	N	Parameter der Normalverteilung ^{a,b}		Extremste Differenzen			Kolmogorov-Smirnov-Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Absolut	Positiv	Negativ		
PPKontroll	11	2229.34	630.157	.149	.149	-.140	.495	.967
PP1zehn	11	2159.76	550.866	.160	.160	-.124	.532	.940
PP1eine	11	2245.68	563.199	.174	.174	-.120	.575	.895
PP1zwei	11	2224.01	590.051	.140	.140	-.113	.464	.982
PP1drei	11	2191.21	563.005	.169	.169	-.113	.561	.911
PP1vier	11	2171.63	594.128	.185	.185	-.134	.615	.844
PP1fünf	11	2223.64	624.479	.158	.158	-.131	.525	.946
PP2zehn	11	2182.36	572.193	.163	.163	-.132	.540	.933
PP2eine	11	2204.19	527.429	.188	.188	-.138	.623	.833
PP2zwei	11	2208.79	607.227	.180	.180	-.123	.598	.866
PP2drei	11	2208.38	581.684	.156	.156	-.112	.516	.953
PP2vier	11	2177.80	608.393	.173	.173	-.133	.574	.897
PP2fünf	11	2167.66	537.737	.147	.147	-.123	.487	.971
PP3zehn	11	2090.19	531.217	.133	.128	-.133	.442	.990
PP3eine	11	2189.51	558.833	.155	.155	-.138	.515	.953
PP3zwei	11	2151.53	582.110	.188	.188	-.116	.625	.830
PP3drei	11	2136.77	589.730	.141	.138	-.141	.469	.980
PP3vier	11	2127.45	567.101	.135	.135	-.118	.448	.988
PP3fünf	11	2118.56	591.274	.122	.119	-.122	.404	.997

PP4zehn	11	2011.90	534.725	.149	.149	-.135	.493	.968
PP4eine	11	2141.51	520.023	.153	.153	-.121	.507	.960
PP4zwei	11	2125.73	567.205	.126	.126	-.115	.420	.995
PP4drei	11	2058.06	534.893	.163	.163	-.117	.541	.931
PP4vier	11	2080.53	572.322	.148	.148	-.123	.489	.970
PP4fünf	11	2035.03	554.705	.133	.133	-.120	.443	.990
PPallezehn	11	2111.05	539.598	.151	.151	-.131	.500	.964
PPalleeins	11	2195.22	539.107	.174	.174	-.111	.577	.893
PPallezwei	11	2177.51	581.033	.141	.141	-.127	.469	.980
PPalldrei	11	2148.60	562.672	.142	.142	-.123	.470	.980
PPallevier	11	2139.35	580.241	.170	.170	-.130	.563	.909
PPallefünf	11	2136.22	573.972	.126	.119	-.126	.417	.995
a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.								
b. Aus den Daten berechnet.								

Tab. 91: *Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Parameter Maximalleistung – Vergleich Einzelsprünge – Pausenzeitstudie)*

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Einzelsprünge	Sphärizität angenommen	1023999.664	24	42666.653	5.099	.000
	Greenhouse-Geisser	1023999.664	6.538	156612.647	5.099	.000
	Huynh-Feldt	1023999.664	20.200	50693.935	5.099	.000
	Untergrenze	1023999.664	1.000	1023999.664	5.099	.048
Fehler (Einzelsprünge)	Sphärizität angenommen	2008048.684	240	8366.870		
	Greenhouse-Geisser	2008048.684	65.384	30711.516		
	Huynh-Feldt	2008048.684	201.99	9941.008		
	Untergrenze	2008048.684	10.000	200804.868		

Tab. 92: *T-Test für gepaarte Stichproben (Parameter Maximalleistung – Vergleich Einzelsprünge – Pausenzeitstudie)*

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95 % Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	PPKontroll - PP1zehn	69.575	138.582	41.784	-23.526	162.675	1.665	10	.127
Paaren 2	PPKontroll - PP1eine	-16.348	140.238	42.283	-110.561	77.865	-.387	10	.707
Paaren 3	PPKontroll - PP1zwei	5.324	86.205	25.992	-52.589	63.237	.205	10	.842
Paaren 4	PPKontroll - PP1drei	38.130	97.267	29.327	-27.215	103.475	1.300	10	.223
Paaren 5	PPKontroll - PP1vier	57.710	124.595	37.567	-25.994	141.414	1.536	10	.156
Paaren 6	PPKontroll - PP1fünf	5.695	77.564	23.386	-46.413	57.803	.244	10	.813
Paaren 7	PP1zehn - PP1eine	-85.923	113.100	34.101	-161.905	-9.941	-2.520	10	.030
Paaren 8	PP1zehn - PP1zwei	-64.250	133.683	40.307	-154.060	25.559	-1.594	10	.142

Paaren 9	PP1zehn - PP1drei	-31.445	107.458	32.400	-103.636	40.747	-.971	10	.355
Paaren 10	PP1zehn - PP1vier	-11.864	163.289	49.233	-121.564	97.835	-.241	10	.814
Paaren 11	PP1zehn - PP1fünf	-63.879	129.521	39.052	-150.893	23.134	-1.636	10	.133
Paaren 12	PP1eine - PP1zwei	21.673	113.892	34.340	-54.841	98.186	.631	10	.542
Paaren 13	PP1eine - PP1drei	54.478	89.009	26.837	-5.319	114.275	2.030	10	.070
Paaren 14	PP1eine - PP1vier	74.059	131.843	39.752	-14.515	162.632	1.863	10	.092
Paaren 15	PP1eine - PP1fünf	22.044	156.237	47.107	-82.918	127.005	.468	10	.650
Paaren 16	PP1zwei - PP1drei	32.806	90.424	27.264	-27.942	93.553	1.203	10	.257
Paaren 17	PP1zwei - PP1vier	52.386	114.294	34.461	-24.398	129.170	1.520	10	.159
Paaren 18	PP1zwei - PP1fünf	.371	140.417	42.337	-93.962	94.704	.009	10	.993
Paaren 19	PP1drei - PP1vier	19.580	131.527	39.657	-68.781	107.942	.494	10	.632
Paaren 20	PP1drei - PP1fünf	-32.435	99.232	29.920	-99.100	34.230	-1.084	10	.304
Paaren 21	PP1vier - PP1fünf	-52.015	161.083	48.568	-160.232	56.202	-1.071	10	.309
Paaren 22	PPKontroll - PP2zehn	46.979	148.497	44.773	-52.782	146.741	1.049	10	.319
Paaren 23	PPKontroll - PP2eine	25.145	156.715	47.251	-80.137	130.428	.532	10	.606
Paaren 24	PPKontroll - PP2zwei	20.548	91.786	27.675	-41.115	82.211	.742	10	.475
Paaren 25	PPKontroll - PP2drei	20.958	140.621	42.399	-73.513	115.428	.494	10	.632
Paaren 26	PPKontroll - PP2vier	51.535	91.455	27.575	-9.906	112.975	1.869	10	.091
Paaren 27	PPKontroll - PP2fünf	61.680	127.131	38.331	-23.727	147.088	1.609	10	.139
Paaren 28	PP2zehn - PP2eine	-21.834	201.619	60.790	-157.283	113.616	-.359	10	.727
Paaren 29	PP2zehn - PP2zwei	-26.431	135.725	40.922	-117.612	64.750	-.646	10	.533
Paaren 30	PP2zehn - PP2drei	-26.021	150.587	45.404	-127.187	75.145	-.573	10	.579
Paaren 31	PP2zehn - PP2vier	4.556	126.345	38.094	-80.324	89.435	.120	10	.907
Paaren 32	PP2zehn - PP2fünf	14.701	162.831	49.095	-94.690	124.092	.299	10	.771
Paaren 33	PP2eine - PP2zwei	-4.597	192.715	58.106	-134.065	124.870	-.079	10	.938
Paaren 34	PP2eine - PP2drei	-4.188	155.847	46.990	-108.887	100.512	-.089	10	.931
Paaren 35	PP2eine - PP2vier	26.390	167.178	50.406	-85.922	138.702	.524	10	.612
Paaren 36	PP2eine - PP2fünf	36.535	119.550	36.046	-43.779	116.849	1.014	10	.335

Paaren 37	PP2zwei - PP2drei	.410	126.346	38.095	-84.470	85.290	.011	10	.992
Paaren 38	PP2zwei - PP2vier	30.987	108.489	32.711	-41.897	103.871	.947	10	.366
Paaren 39	PP2zwei - PP2fünf	41.132	117.451	35.413	-37.772	120.037	1.162	10	.272
Paaren 40	PP2drei - PP2vier	30.577	138.080	41.633	-62.186	123.340	.734	10	.480
Paaren 41	PP2drei - PP2fünf	40.723	97.629	29.436	-24.865	106.310	1.383	10	.197
Paaren 42	PP2vier - PP2fünf	10.145	124.217	37.453	-73.304	93.595	.271	10	.792
Paaren 43	PPKontroll - PP3zehn	139.142	155.530	46.894	34.655	243.628	2.967	10	.014
Paaren 44	PPKontroll - PP3eine	39.826	117.705	35.489	-39.250	118.901	1.122	10	.288
Paaren 45	PPKontroll - PP3zwei	77.811	138.244	41.682	-15.062	170.684	1.867	10	.091
Paaren 46	PPKontroll - PP3drei	92.564	99.633	30.040	25.630	159.498	3.081	10	.012
Paaren 47	PPKontroll - PP3vier	101.889	114.744	34.597	24.803	178.975	2.945	10	.015
Paaren 48	PPKontroll - PP3fünf	110.779	116.634	35.166	32.423	189.134	3.150	10	.010
Paaren 49	PP3zehn - PP3eine	-99.316	144.009	43.420	-196.063	-2.569	-2.287	10	.045
Paaren 50	PP3zehn - PP3zwei	-61.331	107.495	32.411	-133.547	10.885	-1.892	10	.088
Paaren 51	PP3zehn - PP3drei	-46.578	118.354	35.685	-126.089	32.934	-1.305	10	.221
Paaren 52	PP3zehn - PP3vier	-37.253	111.230	33.537	-111.978	37.473	-1.111	10	.293
Paaren 53	PP3zehn - PP3fünf	-28.363	100.018	30.156	-95.556	38.830	-.941	10	.369
Paaren 54	PP3eine - PP3zwei	37.985	115.127	34.712	-39.358	115.329	1.094	10	.299
Paaren 55	PP3eine - PP3drei	52.738	141.447	42.648	-42.287	147.764	1.237	10	.244
Paaren 56	PP3eine - PP3vier	62.063	85.821	25.876	4.408	119.719	2.398	10	.037
Paaren 57	PP3eine - PP3fünf	70.953	140.589	42.389	-23.496	165.402	1.674	10	.125
Paaren 58	PP3zwei - PP3drei	14.753	133.615	40.286	-75.011	104.517	.366	10	.722
Paaren 59	PP3zwei - PP3vier	24.078	119.455	36.017	-56.173	104.329	.669	10	.519
Paaren 60	PP3zwei - PP3fünf	32.968	118.689	35.786	-46.769	112.704	.921	10	.379
Paaren 61	PP3drei - PP3vier	9.325	116.642	35.169	-69.036	87.686	.265	10	.796
Paaren 62	PP3drei - PP3fünf	18.214	62.607	18.877	-23.845	60.274	.965	10	.357
Paaren 63	PP3vier - PP3fünf	8.890	108.751	32.790	-64.170	81.949	.271	10	.792
Paaren 64	PPKontroll - PP4zehn	217.435	145.032	43.729	120.001	314.869	4.972	10	.001

Paaren 65	PPKontroll - PP4eine	87.830	153.789	46.369	-15.487	191.147	1.894	10	.087
Paaren 66	PPKontroll - PP4zwei	103.607	130.758	39.425	15.763	191.452	2.628	10	.025
Paaren 67	PPKontroll - PP4drei	171.277	180.081	54.296	50.297	292.257	3.154	10	.010
Paaren 68	PPKontroll - PP4vier	148.807	132.311	39.893	59.920	237.695	3.730	10	.004
Paaren 69	PPKontroll - PP4fünf	194.304	99.328	29.949	127.575	261.034	6.488	10	.000
Paaren 70	PP4zehn - PP4eine	-129.605	112.719	33.986	-205.331	-53.879	-3.813	10	.003
Paaren 71	PP4zehn - PP4zwei	-113.827	133.537	40.263	-203.539	-24.116	-2.827	10	.018
Paaren 72	PP4zehn - PP4drei	-46.158	96.840	29.198	-111.216	18.900	-1.581	10	.145
Paaren 73	PP4zehn - PP4vier	-68.627	149.433	45.056	-169.018	31.763	-1.523	10	.159
Paaren 74	PP4zehn - PP4fünf	-23.131	123.925	37.365	-106.384	60.123	-.619	10	.550
Paaren 75	PP4eine - PP4zwei	15.778	88.202	26.594	-43.477	75.033	.593	10	.566
Paaren 76	PP4eine - PP4drei	83.447	86.839	26.183	25.108	141.787	3.187	10	.010
Paaren 77	PP4eine - PP4vier	60.978	71.812	21.652	12.734	109.222	2.816	10	.018
Paaren 78	PP4eine - PP4fünf	106.475	85.346	25.733	49.139	163.811	4.138	10	.002
Paaren 79	PP4zwei - PP4drei	67.669	115.210	34.737	-9.730	145.069	1.948	10	.080
Paaren 80	PP4zwei - PP4vier	45.200	72.909	21.983	-3.781	94.181	2.056	10	.067
Paaren 81	PP4zwei - PP4fünf	90.697	68.026	20.511	44.996	136.397	4.422	10	.001
Paaren 82	PP4drei - PP4vier	-22.469	123.161	37.134	-105.210	60.271	-.605	10	.559
Paaren 83	PP4drei - PP4fünf	23.027	133.173	40.153	-66.439	112.494	.573	10	.579
Paaren 84	PP4vier - PP4fünf	45.497	84.223	25.394	-11.085	102.078	1.792	10	.103

Tab. 93: *Mauchly-Test auf Sphärizität (Parameter Maximalleistung – Vergleich Einzelsprünge gemittelt über 4 Sätze – Pausenzeitstudie)*

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
EinzelsprMW	.023	29.420	20	.101	.502	.743	.167
Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.							

Tab. 94: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Parameter Maximalleistung – Vergleich Einzelsprünge gemittelt über 4 Sätze – Pausenzeitstudie)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
EinzelsprMW	Sphärizität angenommen	108124.974	6	18020.829	5.594	.000
	Greenhouse-Geisser	108124.974	3.014	35870.923	5.594	.004
	Huynh-Feldt	108124.974	4.460	24242.680	5.594	.001
	Untergrenze	108124.974	1.000	108124.974	5.594	.040
Fehler (EinzelsprMW)	Sphärizität angenommen	193290.774	60	3221.513		
	Greenhouse-Geisser	193290.774	30.143	6412.504		
	Huynh-Feldt	193290.774	44.601	4333.769		
	Untergrenze	193290.774	10.000	19329.077		

Tab. 95: T-Test bei gepaarten Stichproben (Parameter Maximalleistung – Vergleich Einzelsprünge gemittelt über 4 Sätze – Pausenzeitstudie)

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95 % Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	PPKontroll - PPallezehn	118.283	114.195	34.431	41.565	195.000	3.435	10	.006
Paaren 2	PPKontroll - PPalleeins	34.113	128.630	38.783	-52.302	120.528	.880	10	.400
Paaren 3	PPKontroll - PPallezwei	51.823	79.062	23.838	-1.292	104.938	2.174	10	.055
Paaren 4	PPKontroll - PPalledrei	80.732	110.414	33.291	6.555	154.909	2.425	10	.036
Paaren 5	PPKontroll - PPallevier	89.985	85.137	25.670	32.790	147.181	3.506	10	.006
Paaren 6	PPKontroll - PPallefünf	93.115	82.139	24.766	37.933	148.296	3.760	10	.004
Paaren 7	PPallezehn - PPalleeins	-84.169	95.264	28.723	-148.169	-20.170	-2.930	10	.015
Paaren 8	PPallezehn - PPallezwei	-66.460	76.843	23.169	-118.084	-14.836	-2.868	10	.017
Paaren 9	PPallezehn - PPalledrei	-37.550	65.156	19.645	-81.323	6.222	-1.911	10	.085
Paaren 10	PPallezehn - PPallevier	-28.297	69.697	21.015	-75.121	18.526	-1.347	10	.208
Paaren 11	PPallezehn - PPallefünf	-25.168	59.728	18.009	-65.294	14.958	-1.398	10	.192
Paaren 12	PPalleeins - PPallezwei	17.710	100.966	30.442	-50.120	85.540	.582	10	.574
Paaren 13	PPalleeins - PPalledrei	46.619	76.770	23.147	-4.956	98.194	2.014	10	.072
Paaren 14	PPalleeins - PPallevier	55.872	84.482	25.472	-.884	112.628	2.193	10	.053
Paaren 15	PPalleeins - PPallefünf	59.001	89.451	26.971	-1.093	119.096	2.188	10	.054

Paaren 16	PPallezwei - PPalledrei	28.910	62.159	18.742	-12.849	70.668	1.543	10	.154
Paaren 17	PPallezwei - PPallevier	38.163	40.847	12.316	10.721	65.604	3.099	10	.011
Paaren 18	PPallezwei - PPallefünf	41.292	52.322	15.776	6.141	76.443	2.617	10	.026
Paaren 19	PPalledrei - PPallevier	9.253	46.553	14.036	-22.021	40.528	.659	10	.525
Paaren 20	PPalledrei - PPallefünf	12.382	41.446	12.496	-15.461	40.226	.991	10	.345
Paaren 21	PPallevier - PPallefünf	3.129	47.414	14.296	-28.724	34.982	.219	10	.831

Tab. 100: *Mauchly-Test auf Sphärizität (Parameter Maximalleistung – satzweiser Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit 10 s – Pausenzeitstudie)*

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Sätze gleichePZ	.167	15.598	5	.008	.599	.722	.333
Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.							

Tab. 196: *Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Parameter Maximalleistung – satzweiser Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit 10 s – Pausenzeitstudie)*

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Sätze gleichePZ	Sphärizität angenommen	194951.826	3	64983.942	5.681	.003
	Greenhouse-Geisser	194951.826	1.798	108452.82	5.681	.014
	Huynh-Feldt	194951.826	2.167	89970.820	5.681	.009
	Untergrenze	194951.826	1.000	194951.82	5.681	.038
Fehler (Sätze gleichePZ)	Sphärizität angen.	343184.388	30	11439.480		
	Greenhouse-Geisser	343184.388	17.976	19091.546		
	Huynh-Feldt	343184.388	21.668	15838.057		
	Untergrenze	343184.388	10.000	34318.439		

Tab. 97: *T-Test bei gepaarten Stichproben (Parameter Maximalleistung – satzweiser Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit 10 s – Pausenzeitstudie)*

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95 % Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	PP1zehn - PP2zehn	-22.596	199.215	60.066	-156.430	111.239	-3.376	10	.715
Paaren 2	PP1zehn - PP3zehn	69.567	175.799	53.005	-48.536	187.670	1.312	10	.219
Paaren 3	PP1zehn - PP4zehn	147.860	120.981	36.477	66.584	229.136	4.054	10	.002

Paaren 4	PP2zehn - PP3zehn	92.163	109.521	33.022	18.585	165.740	2.791	10	.019
Paaren 5	PP2zehn - PP4zehn	170.456	172.993	52.159	54.237	286.674	3.268	10	.008
Paaren 6	PP3zehn - PP4zehn	78.293	100.617	30.337	10.698	145.888	2.581	10	.027

Tab. 98: Mauchly-Test auf Sphärizität (Parameter Maximalleistung – satzweiser Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit 1 min – Pausenzeitstudie)

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Sätze gleichePZ	.846	1.458	5	.918	.913	1.000	.333
Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.							

Tab. 99: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Parameter Maximalleistung – satzweiser Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit 1 min – Pausenzeitstudie)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Sätze gleichePZ	Sphärizität angen.	60993.585	3	20331.195	3.923	.018
	Greenhouse-Geisser	60993.585	2.738	22279.492	3.923	.021
	Huynh-Feldt	60993.585	3.000	20331.195	3.923	.018
	Untergrenze	60993.585	1.000	60993.585	3.923	.076
Fehler (Sätze gleichePZ)	Sphärizität angen.	155487.917	30	5182.931		
	Greenhouse-Geisser	155487.917	27.377	5679.600		
	Huynh-Feldt	155487.917	30.000	5182.931		
	Untergrenze	155487.917	10.000	15548.792		

Tab. 100: T-Test bei gepaarten Stichproben (Parameter Maximalleistung – satzweiser Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit 1 min – Pausenzeitstudie)

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95 % Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	PP1eine - PP2eine	41.494	89.047	26.849	-18.329	101.316	1.545	10	.153
Paaren 2	PP1eine - PP3eine	56.174	106.648	32.156	-15.473	127.821	1.747	10	.111
Paaren 3	PP1eine - PP4eine	104.178	97.246	29.321	38.847	169.508	3.553	10	.005
Paaren 4	PP2eine - PP3eine	14.680	93.087	28.067	-47.856	77.217	.523	10	.612
Paaren 5	PP2eine - PP4eine	62.684	114.452	34.509	-14.206	139.574	1.816	10	.099
Paaren 6	PP3eine - PP4eine	48.004	108.032	32.573	-24.573	120.580	1.474	10	.171

Tab. 101: *Mauchly-Test auf Sphärizität (Parameter Maximalleistung – satzweiser Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit 2 min – Pausenzeitstudie)*

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Sätze gleichePZ	.928	.651	5	.986	.955	1.000	.333
Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.							

Tab. 102: *Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Parameter Maximalleistung – satzweiser Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit 2 min – Pausenzeitstudie)*

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Sätze gleichePZ	Sphärizität angen.	71469.765	3	23823.255	2.641	.067
	Greenhouse-Geisser	71469.765	2.865	24944.701	2.641	.071
	Huynh-Feldt	71469.765	3.000	23823.255	2.641	.067
	Untergrenze	71469.765	1.000	71469.765	2.641	.135
Fehler (Sätze gleichePZ)	Sphärizität angen.	270613.676	30	9020.456		
	Greenhouse-Geisser	270613.676	28.651	9445.081		
	Huynh-Feldt	270613.676	30.000	9020.456		
	Untergrenze	270613.676	10.000	27061.368		

Tab. 103: *Mauchly-Test auf Sphärizität (Parameter Maximalleistung – satzweiser Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit 3 min – Pausenzeitstudie)*

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Sätze gleichePZ	.381	8.426	5	.136	.708	.905	.333
Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.							

Tab. 104: *Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Parameter Maximalleistung – satzweiser Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit 3 min – Pausenzeitstudie)*

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Sätze gleichePZ	Sphärizität angen.	150988.759	3	50329.586	6.615	.001
	Greenhouse-Geisser	150988.759	2.125	71061.326	6.615	.005
	Huynh-Feldt	150988.759	2.714	55635.755	6.615	.002
	Untergrenze	150988.759	1.000	150988.75	6.615	.028
Fehler (Sätze gleichePZ)	Sphärizität angen.	228255.262	30	7608.509		
	Greenhouse-Geisser	228255.262	21.248	10742.602		
	Huynh-Feldt	228255.262	27.139	8410.662		
	Untergrenze	228255.262	10.000	22825.526		

Tab. 105: T-Test bei gepaarten Stichproben (Parameter Maximalleistung – satzweiser Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit 3 min – Pausenzeitstudie)

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95 % Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	PP1drei - PP2drei	-17.172	72.484	21.855	-65.86	31.523	-.786	10	.450
Paaren 2	PP1drei - PP3drei	54.434	112.785	34.006	-21.33	130.204	1.601	10	.141
Paaren 3	PP1drei - PP4drei	133.147	132.945	40.084	43.833	222.460	3.322	10	.008
Paaren 4	PP2drei - PP3drei	71.606	148.230	44.693	-27.97	171.189	1.602	10	.140
Paaren 5	PP2drei - PP4drei	150.319	140.392	42.330	56.002	244.636	3.551	10	.005
Paaren 6	PP3drei - PP4drei	78.713	118.201	35.639	-.696	158.121	2.209	10	.052

Tab. 106: Mauchly-Test auf Sphärizität (Parameter Maximalleistung – satzweiser Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit 4 min – Pausenzeitstudie)

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Sätze gleichePZ	.649	3.769	5	.585	.816	1.000	.333
Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.							

Tab. 107: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Parameter Maximalleistung – satzweiser Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit 4 min – Pausenzeitstudie)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Sätze gleichePZ	Sphärizität angen.	67340.363	3	22446.788	2.634	.068
	Greenhouse-Geisser	67340.363	2.447	27520.412	2.634	.082
	Huynh-Feldt	67340.363	3.000	22446.788	2.634	.068
	Untergrenze	67340.363	1.000	67340.363	2.634	.136
Fehler (Sätze gleichePZ)	Sphärizität angen.	255672.129	30	8522.404		
	Greenhouse-Geisser	255672.129	24.469	10448.715		
	Huynh-Feldt	255672.129	30.000	8522.404		
	Untergrenze	255672.129	10.000	25567.213		

Tab. 108: Mauchly-Test auf Sphärizität (Parameter Maximalleistung – satzweiser Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit 5 min – Pausenzeitstudie)

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Sätze gleichePZ	.752	2.487	5	.780	.849	1.000	.333
Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.							

Tab. 109: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Parameter Maximalleistung – satzweiser Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit 5 min – Pausenzeitstudie)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quad- ratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Sätze- gleichePZ	Sphärizität angen.	210997.719	3	70332.573	11.307	.000
	Greenhouse-Geisser	210997.719	2.548	82804.004	11.307	.000
	Huynh-Feldt	210997.719	3.000	70332.573	11.307	.000
	Untergrenze	210997.719	1.000	210997.719	11.307	.007
Fehler (Sätze- gleichePZ)	Sphärizität angen.	186605.466	30	6220.182		
	Greenhouse-Geisser	186605.466	25.482	7323.150		
	Huynh-Feldt	186605.466	30.000	6220.182		
	Untergrenze	186605.466	10.000	18660.547		

Tab. 110: T-Test bei gepaarten Stichproben (Parameter Maximalleistung – satzweiser Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit 5 min – Pausenzeitstudie)

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95 % Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	PP1fünf - PP2fünf	55.985	124.433	37.518	-27.610	139.580	1.492	10	.167
Paaren 2	PP1fünf - PP3fünf	105.083	119.464	36.020	24.826	185.340	2.917	10	.015
Paaren 3	PP1fünf - PP4fünf	188.609	128.791	38.832	102.086	275.132	4.857	10	.001
Paaren 4	PP2fünf - PP3fünf	49.098	103.657	31.254	-20.540	118.736	1.571	10	.147
Paaren 5	PP2fünf - PP4fünf	132.624	80.784	24.357	78.352	186.895	5.445	10	.000
Paaren 6	PP3fünf - PP4fünf	83.526	105.018	31.664	12.973	154.078	2.638	10	.025

Tab. 111: Mauchly-Test auf Sphärizität (Parameter Maximalleistung – Satzvergleich der Sprünge mit verschiedenen Pausenzeiten – Pausenzeitstudie)

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly- W	Approxim- iertes Chi- Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse- Geisser	Huynh- Feldt	Unter- grenze
Satzvergleich	.510	5.877	5	.321	.730	.942	.333
Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.							

Tab. 112: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Parameter Maximalleistung – Satzvergleich der Sprünge mit verschiedenen Pausenzeiten – Pausenzeitstudie)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quad- ratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Satzvergleich	Sphärizität angenommen	112770.226	3	37590.075	17.808	.000
	Greenhouse-Geisser	112770.226	2.189	51514.190	17.808	.000
	Huynh-Feldt	112770.226	2.827	39892.549	17.808	.000
	Untergrenze	112770.226	1.000	112770.226	17.808	.002
Fehler (Satzver- gleich)	Sphärizität angenommen	63324.445	30	2110.815		
	Greenhouse-Geisser	63324.445	21.891	2892.703		
	Huynh-Feldt	63324.445	28.268	2240.107		
	Untergrenze	63324.445	10.000	6332.444		

Tab. 113: T-Test bei gepaarten Stichproben (Parameter Maximalleistung – Satzvergleich der Sprünge mit verschiedenen Pausenzeiten – Pausenzeitstudie)

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95 % Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	Satz1MW - Satz2MW	11.127	64.437	19.429	-32.16	54.416	.573	10	.580
Paaren 2	Satz1MW - Satz3MW	66.987	73.856	22.268	17.370	116.605	3.008	10	.013
Paaren 3	Satz1MW - Satz4MW	127.196	84.760	25.556	70.253	184.138	4.977	10	.001
Paaren 4	Satz2MW - Satz3MW	55.861	39.078	11.782	29.608	82.114	4.741	10	.001
Paaren 5	Satz2MW - Satz4MW	116.069	61.890	18.660	74.491	157.647	6.220	10	.000
Paaren 6	Satz3MW - Satz4MW	60.208	56.402	17.006	22.317	98.100	3.540	10	.005

Tab. 114: Deskriptive Statistik (Parameter: mittleres IEMG des m. vastus lateralis – Pausenzeitstudie)

	N	Mini- mum	Maxi- mum	Mittel- wert	Standard- abweichung
MWKontroll	11	.19	.45	.3370	.08131
ersterS10 sek	11	.19	.46	.3355	.08778
ersterS1 min	11	.18	.47	.3272	.10242
ersterS2 min	11	.22	.49	.3495	.08918
ersterS3 min	11	.20	.48	.3412	.09647
ersterS4 min	11	.23	.45	.3420	.07796
ersterS5 min	11	.21	.49	.3528	.09781
zweiterS10 sek	11	.18	.51	.3299	.11306
zweiterS1 min	11	.18	.48	.3126	.09481
zweiterS2 min	11	.20	.54	.3279	.10088
zweiterS3 min	11	.19	.48	.3315	.08700
zweiterS4 min	11	.17	.46	.3391	.10124
zweiterS5 min	11	.19	.46	.3271	.07704

dritterS10 sek	11	.19	.50	.3348	.09494
dritterS1 min	11	.19	.46	.3170	.08444
dritterS2 min	11	.19	.46	.3338	.08865
dritterS3 min	11	.19	.48	.3278	.09073
dritterS4 min	11	.21	.53	.3419	.10412
dritterS5 min	11	.18	.50	.3322	.09607
vierterS10 sek	11	.19	.45	.3279	.09164
vierterS1 min	11	.19	.48	.3091	.08608
vierterS2 min	11	.18	.46	.3224	.09552
vierterS3 min	11	.19	.44	.3181	.08158
vierterS4 min	11	.20	.47	.3311	.08967
vierterS5 min	11	.18	.57	.3406	.11533
alleS10 sek	11	.19	.48	.3320	.09381
alleS1 min	11	.19	.46	.3165	.08836
alleS2 min	11	.19	.46	.3334	.08743
alleS3 min	11	.19	.45	.3296	.08467
alleS4 min	11	.21	.48	.3385	.09083
alleS5 min	11	.19	.49	.3382	.09152

Tab. 115: Normalverteilungstest (Parameter: mittleres IEMG des m. vastus lateralis – Pausenzeitstudie)

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest								
	N	Parameter der Normalverteilung ^{a,b}		Extremste Differenzen			Kolmogorov-Smirnov-Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Absolut	Positiv	Negativ		
MWKontroll	11	.3370	.08131	.125	.078	-.125	.416	.995
ersterS10 sek	11	.3355	.08778	.148	.148	-.141	.490	.970
ersterS1 min	11	.3272	.10242	.151	.150	-.151	.499	.964
ersterS2 min	11	.3495	.08918	.135	.103	-.135	.447	.988
ersterS3 min	11	.3412	.09647	.131	.131	-.102	.436	.991
ersterS4 min	11	.3420	.07796	.118	.118	-.113	.392	.998
ersterS5 min	11	.3528	.09781	.159	.159	-.115	.527	.944
zweiterS10 sek	11	.3299	.11306	.166	.166	-.115	.550	.923
zweiterS1 min	11	.3126	.09481	.157	.157	-.101	.521	.949
zweiterS2 min	11	.3279	.10088	.146	.146	-.095	.484	.973
zweiterS3 min	11	.3315	.08700	.195	.195	-.161	.645	.799
zweiterS4 min	11	.3391	.10124	.200	.171	-.200	.665	.769
zweiterS5 min	11	.3271	.07704	.172	.172	-.172	.569	.902
dritterS10 sek	11	.3348	.09494	.147	.147	-.107	.487	.972
dritterS1 min	11	.3170	.08444	.121	.121	-.088	.402	.997
dritterS2 min	11	.3338	.08865	.143	.084	-.143	.474	.978
dritterS3 min	11	.3278	.09073	.156	.156	-.125	.518	.952
dritterS4 min	11	.3419	.10412	.152	.152	-.116	.505	.961
dritterS5 min	11	.3322	.09607	.210	.139	-.210	.697	.716
vierterS10 sek	11	.3279	.09164	.160	.134	-.160	.531	.940
vierterS1 min	11	.3091	.08608	.231	.231	-.137	.765	.601
vierterS2 min	11	.3224	.09552	.176	.176	-.130	.585	.884
vierterS3 min	11	.3181	.08158	.247	.247	-.205	.820	.512
vierterS4 min	11	.3311	.08967	.170	.164	-.170	.565	.907
vierterS5 min	11	.3406	.11533	.138	.138	-.099	.458	.985
alleS10 sek	11	.3320	.09381	.177	.177	-.159	.588	.879
alleS1 min	11	.3165	.08836	.190	.190	-.118	.629	.823

alleS2 min	11	.3334	.08743	.120	.120	-.115	.398	.997
alleS3 min	11	.3296	.08467	.163	.163	-.125	.541	.931
alleS4 min	11	.3385	.09083	.140	.140	-.135	.464	.983
alleS5 min	11	.3382	.09152	.136	.136	-.100	.452	.987
a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.								
b. Aus den Daten berechnet.								

Tab. 116: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Parameter mittleres IEMG des m. vastus lateralis – Vergleich der Kontroll- und Einzelsprünge – Pausenzeitstudie)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Einzelspr	Sphärizität angenommen	.030	24	.001	1.223	.223
	Greenhouse-Geisser	.030	6.104	.005	1.223	.307
	Huynh-Feldt	.030	16.721	.002	1.223	.253
	Untergrenze	.030	1.000	.030	1.223	.295
Fehler (Einzelspr)	Sphärizität angenommen	.243	240	.001		
	Greenhouse-Geisser	.243	61.040	.004		
	Huynh-Feldt	.243	167.21	.001		
	Untergrenze	.243	10.000	.024		

Tab. 117: Mauchly-Test auf Sphärizität (Parameter mittleres IEMG des m. vastus lateralis – Vergleich der Kontroll- und Pausenzeitsprünge gemittelt – Pausenzeitstudie)

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
Zeit	.059	21.974	20	.383	.513	.766	.167
Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.							

Tab. 118: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Parameter mittleres IEMG des m. vastus lateralis – Vergleich der Kontroll- und Pausenzeitsprünge gemittelt – Pausenzeitstudie)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Zeit	Sphärizität angenommen	.004	6	.001	2.760	.020
	Greenhouse-Geisser	.004	3.076	.001	2.760	.058
	Huynh-Feldt	.004	4.597	.001	2.760	.033
	Untergrenze	.004	1.000	.004	2.760	.128
Fehler (Zeit)	Sphärizität angenommen	.014	60	.000		
	Greenhouse-Geisser	.014	30.757	.000		
	Huynh-Feldt	.014	45.972	.000		
	Untergrenze	.014	10.000	.001		

Tab. 119: T-Test für gepaarte Stichproben (Parameter mittleres IEMG des m. vastus lateralis – Vergleich der Kontroll- und Pausenzeitsprünge gemittelt – Pausenzeitstudie)

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95 % Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	MWKontr. - alleS10 s	.00491	.03013	.00908	-.0153	.02515	.541	10	.600
Paaren 2	MWKontr - alleS1 min	.02049	.03256	.00982	-.0013	.04237	2.087	10	.063
Paaren 3	MWKontr - alleS2 min	.00356	.02322	.00700	-.0120	.01916	.509	10	.622
Paaren 4	MWKontr - alleS3 min	.00732	.01867	.00563	-.0052	.01986	1.301	10	.223
Paaren 5	MWKontr - alleS4 min	-.0015	.02088	.00629	-.0155	.01248	-.245	10	.811
Paaren 6	MWKontr - alleS5 min	-.0012	.02204	.00664	-.0160	.01358	-.184	10	.857
Paaren 7	alleS10 s - alleS1 min	.01558	.01334	.00402	.00662	.02454	3.873	10	.003
Paaren 8	alleS10 s - alleS2 min	-.0013	.01953	.00589	-.0144	.01177	-.230	10	.823
Paaren 9	alleS10 s - alleS3 min	.00241	.01689	.00509	-.0089	.01375	.473	10	.647
Paare 10	alleS10 s - alleS4 min	-.0064	.02064	.00622	-.0203	.00741	-1.038	10	.324
Paare 11	alleS10 s - alleS5 min	-.0061	.02465	.00743	-.0227	.01042	-.826	10	.428
Paare 12	alleS1 min - alleS2 m.	-.0169	.02473	.00746	-.0335	-.0003	-2.270	10	.047
Paare 13	alleS1 min - alleS3 m.	-.0131	.01889	.00570	-.0258	-.0004	-2.312	10	.043
Paare 14	alleS1 min - alleS4 m.	-.0220	.02247	.00677	-.0371	-.0069	-3.252	10	.009
Paare 15	alleS1 min - alleS5 m.	-.0217	.02596	.00783	-.0391	-.0042	-2.775	10	.020
Paare 16	alleS2 min - alleS3 m.	.00376	.02010	.00606	-.0097	.01726	.620	10	.549
Paare 17	alleS2 min - alleS4 m.	-.0051	.02079	.00627	-.0190	.00886	-.814	10	.434
Paare 18	alleS2 min - alleS5 m.	-.0047	.02398	.00723	-.0209	.01132	-.662	10	.523
Paare 19	alleS3 min - alleS4 m.	-.0088	.01392	.00420	-.0182	.00049	-2.112	10	.061
Paare 20	alleS3 min - alleS5 m.	-.0085	.01680	.00507	-.0198	.00274	-1.687	10	.123
Paare 21	alleS4 min - alleS5 m.	.00032	.01338	.00403	-.0086	.00930	.079	10	.939

Tab. 120: Mauchly-Test auf Sphärizität (Parameter mittleres IEMG des m. vastus lateralis – satzweiser Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit – Pausenzeitstudie)

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
SätzeMWgleichePZ10 s	.520	5.710	5	.338	.722	.929	.333
SätzeMWgleichePZ1 m	.689	3.254	5	.663	.839	1.000	.333
SätzeMWgleichePZ2 m	.268	11.475	5	.044	.553	.649	.333
SätzeMWgleichePZ3 m	.581	4.737	5	.451	.811	1.000	.333
SätzeMWgleichePZ4 m	.862	1.296	5	.936	.917	1.000	.333
SätzeMWgleichePZ5 m	.543	5.330	5	.380	.791	1.000	.333
Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.							

Tab. 121: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Parameter mittleres IEMG des m. vastus lateralis – satzweiser Vergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit – Pausenzeitstudie)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsum. vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
SätzeMW glei-	Sphärizität angen.	.000	3	.000	.167	.918

chePZ10 s	Greenhouse-Geisser	.000	2.166	.000	.167	.863
	Huynh-Feldt	.000	2.786	.000	.167	.907
	Untergrenze	.000	1.000	.000	.167	.692
Fehler (SätzeMW gleichePZ)	Sphärizität angen.	.027	30	.001		
	Greenhouse-Geisser	.027	21.660	.001		
	Huynh-Feldt	.027	27.860	.001		
	Untergrenze	.027	10.000	.003		
SätzeMW gleichePZ1 min	Sphärizität angen.	.002	3	.001	.728	.543
	Greenhouse-Geisser	.002	2.518	.001	.728	.522
	Huynh-Feldt	.002	3.000	.001	.728	.543
	Untergrenze	.002	1.000	.002	.728	.413
Fehler (SätzeMW gleichePZ)	Sphärizität angen.	.028	30	.001		
	Greenhouse-Geisser	.028	25.183	.001		
	Huynh-Feldt	.028	30.000	.001		
	Untergrenze	.028	10.000	.003		
SätzeMW gleichePZ2 min	Sphärizität angen.	.005	3	.002	.996	.408
	Greenhouse-Geisser	.005	1.658	.003	.996	.376
	Huynh-Feldt	.005	1.946	.002	.996	.385
	Untergrenze	.005	1.000	.005	.996	.342
Fehler (SätzeMW gleichePZ)	Sphärizität angen.	.045	30	.002		
	Greenhouse-Geisser	.045	16.578	.003		
	Huynh-Feldt	.045	19.462	.002		
	Untergrenze	.045	10.000	.005		
SätzeMW gleichePZ3 min	Sphärizität angen.	.003	3	.001	.978	.416
	Greenhouse-Geisser	.003	2.432	.001	.978	.405
	Huynh-Feldt	.003	3.000	.001	.978	.416
	Untergrenze	.003	1.000	.003	.978	.346
Fehler (SätzeMW gleichePZ)	Sphärizität angen.	.031	30	.001		
	Greenhouse-Geisser	.031	24.324	.001		
	Huynh-Feldt	.031	30.000	.001		
	Untergrenze	.031	10.000	.003		
SätzeMW gleichePZ4 min	Sphärizität angen.	.001	3	.000	.393	.759
	Greenhouse-Geisser	.001	2.752	.000	.393	.743
	Huynh-Feldt	.001	3.000	.000	.393	.759
	Untergrenze	.001	1.000	.001	.393	.545
Fehler (SätzeMW gleichePZ)	Sphärizität angen.	.022	30	.001		
	Greenhouse-Geisser	.022	27.522	.001		
	Huynh-Feldt	.022	30.000	.001		
	Untergrenze	.022	10.000	.002		
SätzeMW gleichePZ5 min	Sphärizität angen.	.004	3	.001	.922	.442
	Greenhouse-Geisser	.004	2.372	.002	.922	.426
	Huynh-Feldt	.004	3.000	.001	.922	.442
	Untergrenze	.004	1.000	.004	.922	.360
Fehler (SätzeMW gleichePZ)	Sphärizität angen.	.045	30	.002		
	Greenhouse-Geisser	.045	23.718	.002		
	Huynh-Feldt	.045	30.000	.002		
	Untergrenze	.045	10.000	.005		

Tab. 122: *Mauchly-Test auf Sphärizität (Parameter mittleres IEMG des m. vastus lateralis – satzweiser Vergleich der Sprünge mit verschiedenen Pausenzeiten – Pausenzeitstudie)*

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mau- chly-W	Approxim- iertes Chi- Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse- Geisser	Huynh- Feldt	Unter- grenze
SatzvergleichPZversch	.543	5.330	5	.380	.791	1.000	.333
Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.							

Tab. 123: *Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Parameter mittleres IEMG des m. vastus lateralis – satzweiser Vergleich der Sprünge mit verschiedenen Pausenzeiten – Pausenzeitstudie)*

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quad- rate	F	Sig.
Satzvergleich PZversch	Sphärizität angen.	.004	3	.001	.922	.442
	Greenhouse-Geisser	.004	2.372	.002	.922	.426
	Huynh-Feldt	.004	3.000	.001	.922	.442
	Untergrenze	.004	1.000	.004	.922	.360
Fehler (Satzver- gleich PZversch)	Sphärizität angen.	.045	30	.002		
	Greenhouse-Geisser	.045	23.718	.002		
	Huynh-Feldt	.045	30.000	.002		
	Untergrenze	.045	10.000	.005		

Tab. 124: *Deskriptive Statistik Pausenzeitstudie (Parameter: maximale EMG-Amplitude des m. soleus)*

	N	Mini- mum	Maxi- mum	Mittel- wert	Standardab- weichung
MWKontroll	11	.90	2.21	1.4938	.45952
ersterS10 sek	11	.66	2.59	1.6411	.66670
ersterS1 min	11	.81	2.68	1.5159	.57201
ersterS2 min	11	.81	2.32	1.4567	.54529
ersterS3 min	11	.79	2.38	1.4502	.59334
ersterS4 min	11	.95	2.35	1.4268	.36911
ersterS5 min	11	.96	2.42	1.5877	.40560
zweiterS10 sek	11	.76	2.59	1.5824	.54918
zweiterS1 min	11	.82	2.06	1.4794	.38291
zweiterS2 min	11	.61	2.35	1.5134	.55952
zweiterS3 min	11	.79	2.43	1.5077	.60384
zweiterS4 min	11	.67	2.15	1.4976	.50010
zweiterS5 min	11	.57	2.48	1.3867	.63784
dritterS10 sek	11	.85	2.46	1.6224	.57866
dritterS1 min	11	.78	2.15	1.4547	.49711
dritterS2 min	11	.86	2.22	1.4565	.48773
dritterS3 min	11	.69	2.26	1.3944	.60861
dritterS4 min	11	.66	2.11	1.3763	.53909
dritterS5 min	11	.70	2.02	1.4385	.44521
vierterS10 sek	11	.72	2.30	1.6393	.51061
vierterS1 min	11	.68	2.65	1.5343	.59103
vierterS2 min	11	.80	1.91	1.4095	.36397
vierterS3 min	11	.94	2.16	1.4849	.41683

vierterS4 min	11	.75	2.40	1.4794	.55268
vierterS5 min	11	.78	1.99	1.3305	.34039
alleS10 sek	11	.78	2.40	1.6213	.52570
alleS1 min	11	.81	2.22	1.4960	.46917
alleS2 min	11	.78	2.15	1.4590	.46233
alleS3 min	11	.81	2.08	1.4593	.52323
alleS4 min	11	.88	2.16	1.4450	.43503
alleS5 min	11	.77	1.91	1.4359	.40648

Tab. 125: Normalverteilungstest Pausenzeitstudie (Parameter: maximale EMG-Amplitude des m. sol-eus)

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest								
	N	Parameter der Normalverteilung ^{a,b}		Extremste Differenzen			Kolmogorov-Smirnov-Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Absolut	Positiv	Negativ		
MWKontroll	11	1.4938	.45952	.187	.187	-.157	.621	.836
ersterS10 sek	11	1.6411	.66670	.184	.184	-.170	.610	.850
ersterS1 min	11	1.5159	.57201	.279	.279	-.189	.926	.358
ersterS2 min	11	1.4567	.54529	.157	.135	-.157	.519	.950
ersterS3 min	11	1.4502	.59334	.170	.170	-.134	.563	.909
ersterS4 min	11	1.4268	.36911	.216	.216	-.129	.715	.686
ersterS5 min	11	1.5877	.40560	.138	.138	-.117	.459	.984
zweiterS10 sek	11	1.5824	.54918	.158	.145	-.158	.523	.947
zweiterS1 min	11	1.4794	.38291	.206	.153	-.206	.682	.741
zweiterS2 min	11	1.5134	.55952	.129	.118	-.129	.427	.993
zweiterS3 min	11	1.5077	.60384	.221	.221	-.148	.734	.655
zweiterS4 min	11	1.4976	.50010	.261	.151	-.261	.864	.444
zweiterS5 min	11	1.3867	.63784	.130	.130	-.123	.431	.992
dritterS10 sek	11	1.6224	.57866	.147	.141	-.147	.488	.971
dritterS1 min	11	1.4547	.49711	.204	.180	-.204	.677	.749
dritterS2 min	11	1.4565	.48773	.168	.168	-.142	.557	.915
dritterS3 min	11	1.3944	.60861	.206	.206	-.197	.683	.740
dritterS4 min	11	1.3763	.53909	.168	.168	-.146	.556	.917
dritterS5 min	11	1.4385	.44521	.205	.126	-.205	.679	.746
vierterS10 sek	11	1.6393	.51061	.121	.099	-.121	.402	.997
vierterS1 min	11	1.5343	.59103	.175	.175	-.116	.582	.887
vierterS2 min	11	1.4095	.36397	.113	.113	-.113	.374	.999
vierterS3 min	11	1.4849	.41683	.167	.118	-.167	.554	.919
vierterS4 min	11	1.4794	.55268	.222	.222	-.120	.736	.651
vierterS5 min	11	1.3305	.34039	.146	.113	-.146	.483	.974
alleS10 sek	11	1.6213	.52570	.159	.159	-.109	.527	.944
alleS1 min	11	1.4960	.46917	.141	.141	-.120	.467	.981
alleS2 min	11	1.4590	.46233	.109	.109	-.090	.362	.999
alleS3 min	11	1.4593	.52323	.214	.179	-.214	.711	.693
alleS4 min	11	1.4450	.43503	.154	.154	-.108	.511	.957
alleS5 min	11	1.4359	.40648	.143	.123	-.143	.475	.978
a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.								
b. Aus den Daten berechnet.								

Tab. 126: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Parameter: maximale EMG-Amplitude des m. soleus – Vergleich der Kontroll- und Einzelsprünge über 4 Sätze)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quad- ratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Einzelspr	Sphärizität angen.	1.767	24	.074	1.156	.285
	Greenhouse-Geisser	1.767	5.877	.301	1.156	.342
	Huynh-Feldt	1.767	15.193	.116	1.156	.312
	Untergrenze	1.767	1.000	1.767	1.156	.308
Fehler (Einzelspr)	Sphärizität angen.	15.288	240	.064		
	Greenhouse-Geisser	15.288	58.768	.260		
	Huynh-Feldt	15.288	151.93	.101		
	Untergrenze	15.288	10.000	1.529		

Tab. 127: Mauchly-Test auf Sphärizität (Parameter: maximale EMG-Amplitude des m. soleus – Vergleich der Kontroll- und Einzelsprünge)

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly- W	Approxim- iertes Chi- Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse- Geisser	Huynh- Feldt	Unter- grenze
SatzEinzelMW	.030	27.149	20	.159	.500	.738	.167
Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.							

Tab. 128: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Parameter: maximale EMG-Amplitude des m. soleus – Vergleich der Kontroll- und Einzelsprünge gemittelt über 4 Sätze)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quad- ratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
SatzE- inzelMW	Sphärizität angenommen	.265	6	.044	2.498	.032
	Greenhouse-Geisser	.265	3.000	.088	2.498	.079
	Huynh-Feldt	.265	4.428	.060	2.498	.051
	Untergrenze	.265	1.000	.265	2.498	.145
Fehler (Satz EinzelMW)	Sphärizität angenommen	1.061	60	.018		
	Greenhouse-Geisser	1.061	29.996	.035		
	Huynh-Feldt	1.061	44.277	.024		
	Untergrenze	1.061	10.000	.106		

Tab. 129: T-Test bei gepaarten Stichproben (Parameter: maximale EMG-Amplitude des m. soleus – Vergleich der Kontroll- und Einzelsprünge gemittelt über 4 Sätze)

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95 % Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	MWKontr. - alleS10 s	-.1274	.25384	.07654	-.2980	.04306	-1.666	10	.127
Paaren 2	MWKontroll - alleS1 m	-.0022	.18123	.05464	-.1239	.11954	-.040	10	.969
Paaren 3	MWKontroll - alleS2 m	.03478	.18932	.05708	-.0924	.16197	.609	10	.556

Paaren 4	MWKontroll - alleS3 m	.03452	.18472	.05569	-.0895	.15862	.620	10	.549
Paaren 5	MWKontroll - alleS4 m	.04880	.19385	.05845	-.0814	.17903	.835	10	.423
Paaren 6	MWKontroll - alleS5 m	.05797	.18049	.05442	-.0632	.17922	1.065	10	.312
Paaren 7	alleS10 sek - alleS1 m	.12527	.13632	.04110	.03369	.21684	3.048	10	.012
Paaren 8	alleS10 sek - alleS2 m	.16225	.19184	.05784	.03338	.29113	2.805	10	.019
Paaren 9	alleS10 sek - alleS3 m	.16200	.30749	.09271	-.0445	.36857	1.747	10	.111
Paare 10	alleS10 sek - alleS4 m	.17627	.20989	.06328	.03527	.31728	2.785	10	.019
Paare 11	alleS10 sek - alleS5 m	.18545	.19462	.05868	.05470	.31620	3.160	10	.010
Paare 12	alleS1 min - alleS2 m	.03699	.09986	.03011	-.0301	.10407	1.229	10	.247
Paare 13	alleS1 min - alleS3 m	.03673	.21055	.06348	-.1047	.17818	.579	10	.576
Paare 14	alleS1 min - alleS4 m	.05101	.10217	.03081	-.0176	.11965	1.656	10	.129
Paare 15	alleS1 min - alleS5 m	.06018	.14352	.04327	-.0362	.15660	1.391	10	.194
Paare 16	alleS2 min - alleS3 m	-.0002	.18656	.05625	-.1255	.12508	-.005	10	.996
Paare 17	alleS2 min - alleS4 m	.01402	.12581	.03793	-.0705	.09854	.370	10	.719
Paare 18	alleS2 min - alleS5 m	.02319	.16000	.04824	-.0843	.13068	.481	10	.641
Paare 19	alleS3 min - alleS4 m	.01428	.17839	.05379	-.1055	.13412	.265	10	.796
Paare 20	alleS3 min - alleS5 m	.02345	.24297	.07326	-.1397	.18668	.320	10	.755
Paare 21	alleS4 min - alleS5 m	.00917	.14501	.04372	-.0882	.10660	.210	10	.838

Tab. 130: *Mauchly-Test auf Sphärizität (Parameter: maximale EMG-Amplitude des m. soleus – Satzvergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit)*

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
SatzPZgleich10 s	.094	20.645	5	.001	.635	.781	.333
SatzPZgleich1 min	.679	3.371	5	.645	.834	1.000	.333
SatzPZgleich2 min	.591	4.592	5	.470	.784	1.000	.333
SatzPZgleich3 min	.624	4.118	5	.535	.788	1.000	.333
SatzPZgleich4 min	.851	1.402	5	.925	.905	1.000	.333
SatzPZgleich5 min	.301	10.473	5	.064	.648	.802	.333
Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.							

Tab. 131: *Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Parameter: maximale EMG-Amplitude des m. soleus – Satzvergleich der Sprünge mit gleicher Pausenzeit)*

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
SatzPZ gleich10 s	Sphärizität angen.	.020	3	.007	.116	.950
	Greenhouse-Geisser	.020	1.905	.011	.116	.882
	Huynh-Feldt	.020	2.342	.009	.116	.917
	Untergrenze	.020	1.000	.020	.116	.741
Fehler (SatzPZ gleich)	Sphärizität angen.	1.734	30	.058		
	Greenhouse-Geisser	1.734	19.053	.091		
	Huynh-Feldt	1.734	23.421	.074		
	Untergrenze	1.734	10.000	.173		
SatzPZ gleich1 min	Sphärizität angen.	.042	3	.014	.223	.880
	Greenhouse-Geisser	.042	2.501	.017	.223	.847
	Huynh-Feldt	.042	3.000	.014	.223	.880
	Untergrenze	.042	1.000	.042	.223	.647
Fehler (SatzPZ gleich)	Sphärizität angen.	1.897	30	.063		
	Greenhouse-Geisser	1.897	25.009	.076		

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
SatzPZ gleich10 s	Sphärizität angen.	.020	3	.007	.116	.950
	Greenhouse-Geisser	.020	1.905	.011	.116	.882
	Huynh-Feldt	.020	2.342	.009	.116	.917
	Untergrenze	.020	1.000	.020	.116	.741
Fehler (SatzPZ gleich)	Sphärizität angen.	1.734	30	.058		
	Greenhouse-Geisser	1.734	19.053	.091		
	Huynh-Feldt	1.734	23.421	.074		
	Untergrenze	1.897	30.000	.063		
SatzPZ gleich2 min	Sphärizität angen.	1.897	10.000	.190		
	Sphärizität angen.	.060	3	.020	.474	.703
	Greenhouse-Geisser	.060	2.351	.025	.474	.658
	Huynh-Feldt	.060	3.000	.020	.474	.703
Fehler (SatzPZ gleich)	Untergrenze	.060	1.000	.060	.474	.507
	Sphärizität angen.	1.257	30	.042		
	Greenhouse-Geisser	1.257	23.510	.053		
	Huynh-Feldt	1.257	30.000	.042		
SatzPZ gleich3 min	Untergrenze	1.257	10.000	.126		
	Sphärizität angen.	.080	3	.027	.485	.696
	Greenhouse-Geisser	.080	2.365	.034	.485	.653
	Huynh-Feldt	.080	3.000	.027	.485	.696
Fehler (SatzPZ gleich)	Untergrenze	.080	1.000	.080	.485	.502
	Sphärizität angen.	1.657	30	.055		
	Greenhouse-Geisser	1.657	23.652	.070		
	Huynh-Feldt	1.657	30.000	.055		
SatzPZ gleich4 min	Untergrenze	1.657	10.000	.166		
	Sphärizität angen.	.099	3	.033	.439	.727
	Greenhouse-Geisser	.099	2.715	.036	.439	.708
	Huynh-Feldt	.099	3.000	.033	.439	.727
Fehler (SatzPZ gleich)	Untergrenze	.099	1.000	.099	.439	.522
	Sphärizität angen.	2.254	30	.075		
	Greenhouse-Geisser	2.254	27.147	.083		
	Huynh-Feldt	2.254	30.000	.075		
SatzPZ gleich5 min	Untergrenze	2.254	10.000	.225		
	Sphärizität angen.	.403	3	.134	1.793	.170
	Greenhouse-Geisser	.403	1.944	.207	1.793	.193
	Huynh-Feldt	.403	2.406	.167	1.793	.183
Fehler (SatzPZ gleich)	Untergrenze	.403	1.000	.403	1.793	.210
	Sphärizität angen.	2.245	30	.075		
	Greenhouse-Geisser	2.245	19.438	.116		
	Huynh-Feldt	2.245	24.058	.093		
SatzPZ versch	Untergrenze	2.245	10.000	.225		

Tab. 132: Mauchly-Test auf Sphärizität (Parameter: maximale EMG-Amplitude des m. soleus – Satzvergleich der Sprünge mit unterschiedlicher Pausenzeit)

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
SatzPZversch	.409	7.796	5	.170	.727	.938	.333
Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.							

Tab. 133: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Parameter: maximale EMG-Amplitude des m. soleus – Satzvergleich der Sprünge mit unterschiedlicher Pausenzeit)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quad- ratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
SatzPZversch	Sphärizität angen.	.018	3	.006	.509	.679
	Greenhouse-Geisser	.018	2.182	.008	.509	.623
	Huynh-Feldt	.018	2.814	.007	.509	.668
	Untergrenze	.018	1.000	.018	.509	.492
Fehler (SatzPZversch)	Sphärizität angen.	.363	30	.012		
	Greenhouse-Geisser	.363	21.819	.017		
	Huynh-Feldt	.363	28.142	.013		
	Untergrenze	.363	10.000	.036		

Tab. 134: Deskriptive Statistik der Pausenzeitstudie (Parameter: Anteil des m. rectus femoris an der Gesamtaktivität des m. quadriceps femoris)

	N	Mini- mum	Maxi- mum	Mittel- wert	Standardab- weichung
MWKontroll	11	26.06	47.19	34.3530	7.13474
ersterS10 sek	11	27.50	50.92	36.1805	7.51462
ersterS1 min	11	26.10	48.23	34.7549	7.45047
ersterS2 min	11	25.64	47.23	33.9537	7.76451
ersterS3 min	11	22.19	45.53	33.7506	7.37454
ersterS4 min	11	25.69	45.75	34.6317	6.43203
ersterS5 min	11	23.64	47.21	33.4231	7.72701
zweiterS10 sek	11	27.15	50.34	35.6897	7.00452
zweiterS1 min	11	24.17	48.50	35.2185	7.67896
zweiterS2 min	11	24.30	45.57	33.4286	6.88061
zweiterS3 min	11	26.66	47.46	34.8025	6.82283
zweiterS4 min	11	26.48	48.77	33.9726	7.69053
zweiterS5 min	11	26.55	48.94	33.9085	7.22385
dritterS10 sek	11	28.18	51.88	35.9264	7.40340
dritterS1 min	11	26.15	49.51	34.8947	7.51838
dritterS2 min	11	21.03	48.98	33.9111	8.18140
dritterS3 min	11	24.09	48.29	33.4691	7.22600
dritterS4 min	11	25.85	47.91	33.0122	7.32626
dritterS5 min	11	24.35	46.62	32.9343	8.04127
vierterS10 sek	11	29.80	51.87	36.1025	6.70239
vierterS1 min	11	25.54	44.45	33.8288	6.88135
vierterS2 min	11	27.23	46.94	32.8443	6.61547
vierterS3 min	11	25.21	49.01	33.6532	7.92162
vierterS4 min	11	27.26	45.34	33.4464	6.72728
vierterS5 min	11	24.17	45.21	33.0730	7.00226
alleS10 sek	11	29.40	51.25	35.9748	6.96378
alleS1 min	11	26.50	46.38	34.6742	7.09358
alleS2 min	11	24.58	45.63	33.5344	7.11242
alleS3 min	11	24.95	47.57	33.9189	7.14477
alleS4 min	11	28.16	46.94	33.7657	6.83646
alleS5 min	11	25.13	45.97	33.3347	7.26536

Tab. 135: Normalverteilungstest Pausenzeitstudie (Parameter: Anteil des *m. rectus femoris* an der Gesamtaktivität des *m. quadriceps femoris*)

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest								
	N	Parameter der Normalverteilung ^{a,b}		Extremste Differenzen			Kolmogorov-Smirnov-Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Ab-solut	Positiv	Negativ		
MWKontroll	11	34.3530	7.13474	.209	.209	-.122	.694	.722
ersterS10 sek	11	36.1805	7.51462	.171	.171	-.124	.568	.904
ersterS1 min	11	34.7549	7.45047	.186	.186	-.123	.616	.843
ersterS2 min	11	33.9537	7.76451	.197	.197	-.147	.652	.789
ersterS3 min	11	33.7506	7.37454	.159	.159	-.119	.528	.943
ersterS4 min	11	34.6317	6.43203	.197	.197	-.122	.654	.786
ersterS5 min	11	33.4231	7.72701	.193	.193	-.130	.641	.806
zweiterS10 sek	11	35.6897	7.00452	.200	.200	-.111	.662	.773
zweiterS1 min	11	35.2185	7.67896	.146	.146	-.103	.484	.973
zweiterS2 min	11	33.4286	6.88061	.188	.188	-.112	.623	.832
zweiterS3 min	11	34.8025	6.82283	.199	.199	-.116	.659	.778
zweiterS4 min	11	33.9726	7.69053	.192	.192	-.165	.638	.810
zweiterS5 min	11	33.9085	7.22385	.225	.225	-.154	.745	.636
dritterS10 sek	11	35.9264	7.40340	.223	.223	-.148	.740	.644
dritterS1 min	11	34.8947	7.51838	.272	.272	-.132	.903	.389
dritterS2 min	11	33.9111	8.18140	.127	.127	-.105	.421	.994
dritterS3 min	11	33.4691	7.22600	.193	.193	-.133	.640	.807
dritterS4 min	11	33.0122	7.32626	.212	.212	-.164	.703	.707
dritterS5 min	11	32.9343	8.04127	.171	.171	-.143	.568	.904
vierterS10 sek	11	36.1025	6.70239	.173	.149	-.173	.575	.895
vierterS1 min	11	33.8288	6.88135	.205	.205	-.122	.679	.746
vierterS2 min	11	32.8443	6.61547	.237	.237	-.198	.786	.567
vierterS3 min	11	33.6532	7.92162	.164	.164	-.143	.544	.929
vierterS4 min	11	33.4464	6.72728	.244	.244	-.179	.810	.528
vierterS5 min	11	33.0730	7.00226	.124	.124	-.102	.410	.996
alleS10 sek	11	35.9748	6.96378	.228	.228	-.172	.756	.617
alleS1 min	11	34.6742	7.09358	.232	.232	-.127	.769	.596
alleS2 min	11	33.5344	7.11242	.232	.232	-.118	.768	.596
alleS3 min	11	33.9189	7.14477	.258	.258	-.137	.854	.459
alleS4 min	11	33.7657	6.83646	.309	.309	-.206	1.025	.244
alleS5 min	11	33.3347	7.26536	.179	.179	-.130	.595	.871
a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.								
b. Aus den Daten berechnet.								

Tab. 136: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Parameter: Anteil des *m. rectus femoris* an der Gesamtaktivität des *m. quadriceps femoris* – Vergleich von Kontroll- und Einzelsprüngen nach verschiedenen Pausenzeiten - Pausenzeitstudie)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Einzelspr	Sphärizität angenommen	269.305	24	11.221	2.416	.000
	Greenhouse-Geisser	269.305	6.709	40.139	2.416	.031
	Huynh-Feldt	269.305	21.820	12.342	2.416	.001
	Untergrenze	269.305	1.000	269.305	2.416	.151

Fehler (Einzelspr)	Sphärizität angenommen	1114.475	240	4.644		
	Greenhouse-Geisser	1114.475	67.094	16.611		
	Huynh-Feldt	1114.475	218.20	5.107		
	Untergrenze	1114.475	10.000	111.448		

Tab. 137: T-Test bei gepaarten Stichproben (Parameter: Anteil des m. rectus femoris an der Gesamtaktivität des m. quadriceps femoris – Vergleich von Kontroll- und Einzelsprüngen nach verschiedenen Pausenzeiten - Pausenzeitstudie)

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95 % Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	MWKontroll - ersterS10 sek	-1.82750	1.77704	.53580	-3.02133	-.63367	-3.411	10	.007
Paaren 2	MWKontroll - ersterS1 min	-.40192	2.39157	.72109	-2.00860	1.20476	-.557	10	.590
Paaren 3	MWKontroll - ersterS2 min	.39930	2.62599	.79177	-1.36486	2.16346	.504	10	.625
Paaren 4	MWKontroll - ersterS3 min	.60240	1.61700	.48755	-.48392	1.68872	1.236	10	.245
Paaren 5	MWKontroll - ersterS4 min	-.27874	1.23216	.37151	-1.10652	.54904	-.750	10	.470
Paaren 6	MWKontroll - ersterS5 min	.92983	2.40170	.72414	-.68366	2.54331	1.284	10	.228
Paaren 7	ersterS10 sek - ersterS1 min	1.42558	2.21646	.66829	-.06346	2.91462	2.133	10	.059
Paaren 8	ersterS10 sek - ersterS2 min	2.22680	3.71137	1.11902	-.26654	4.72014	1.990	10	.075
Paaren 9	ersterS10 sek - ersterS3 min	2.42990	2.22556	.67103	.93475	3.92505	3.621	10	.005
Paaren 10	ersterS10 sek - ersterS4 min	1.54876	2.55405	.77007	-.16707	3.26460	2.011	10	.072
Paaren 11	ersterS10 sek - ersterS5 min	2.75733	3.52553	1.06299	.38884	5.12581	2.594	10	.027
Paaren 12	ersterS1 min - ersterS2 min	.80122	3.71143	1.11904	-1.69215	3.29459	.716	10	.490
Paaren 13	ersterS1 min - ersterS3 min	1.00432	3.10866	.93730	-1.08411	3.09274	1.072	10	.309
Paaren 14	ersterS1 min - ersterS4 min	.12318	3.01245	.90829	-1.90061	2.14697	.136	10	.895
Paaren 15	ersterS1 min - ersterS5 min	1.33175	4.18537	1.26194	-1.48003	4.14352	1.055	10	.316
Paaren 16	ersterS2 min - ersterS3 min	.20310	2.98868	.90112	-1.80473	2.21093	.225	10	.826
Paaren 17	ersterS2 min - ersterS4 min	-.67804	2.52634	.76172	-2.37526	1.01918	-.890	10	.394
Paaren 18	ersterS2 min - ersterS5 min	.53053	3.49999	1.05529	-1.82080	2.88185	.503	10	.626
Paaren 19	ersterS3 min - ersterS4 min	-.88114	1.77042	.53380	-2.07052	.30825	-1.651	10	.130
Paaren 20	ersterS3 min - ersterS5 min	.32743	2.73052	.82328	-1.50696	2.16182	.398	10	.699

Paaren 21	ersterS4 min - ersterS5 min	1.20856	2.69583	.81282	-.60252	3.01964	1.487	10	.168
Paaren 22	MWKontroll - zweiterS10 s.	-1.33672	1.55085	.46760	-2.37860	-.29484	-2.859	10	.017
Paaren 23	MWKontroll - zweiterS1 min	-.86555	2.32794	.70190	-2.42948	.69839	-1.233	10	.246
Paaren 24	MWKontroll - zweiterS2 min	.92435	1.99281	.60085	-.41444	2.26313	1.538	10	.155
Paaren 25	MWKontroll - zweiterS3 min	-.44955	2.50238	.75450	-2.13068	1.23157	-.596	10	.565
Paaren 26	MWKontroll - zweiterS4 min	.38042	3.15370	.95088	-1.73827	2.49910	.400	10	.698
Paaren 27	MWKontroll - zweiterS5 min	.44448	3.21397	.96905	-1.71469	2.60365	.459	10	.656
Paaren 28	zweiterS10 s - zweiterS1 min	.47117	2.61373	.78807	-1.28476	2.22710	.598	10	.563
Paaren 29	zweiterS10 s - zweiterS2 min	2.26106	2.12763	.64150	.83170	3.69042	3.525	10	.005
Paaren 30	zweiterS10 s - zweiterS3 min	.88716	2.68610	.80989	-.91739	2.69171	1.095	10	.299
Paaren 31	zweiterS10 s - zweiterS4 min	1.71714	3.30288	.99585	-.50177	3.93604	1.724	10	.115
Paaren 32	zweiterS10 s - zweiterS5 min	1.78120	3.58426	1.08069	-.62674	4.18914	1.648	10	.130
Paaren 33	zweiterS1 min - zweiterS2 m	1.78989	1.52471	.45972	.76558	2.81420	3.893	10	.003
Paaren 34	zweiterS1 min - zweiterS3 m	.41599	2.61758	.78923	-1.34253	2.17451	.527	10	.610
Paaren 35	zweiterS1 min - zweiterS4 m	1.24596	3.90787	1.17827	-1.37938	3.87131	1.057	10	.315
Paaren 36	zweiterS1 min - zweiterS5 m	1.31003	3.33199	1.00463	-.92843	3.54849	1.304	10	.221
Paaren 37	zweiterS2 min - zweiterS3 m	-1.37390	2.82666	.85227	-3.27288	.52508	-1.612	10	.138
Paaren 38	zweiterS2 min - zweiterS4 m	-.54393	3.73009	1.12467	-3.04984	1.96198	-.484	10	.639
Paaren 39	zweiterS2 min - zweiterS5 m	-.47986	3.30198	.99558	-2.69816	1.73844	-.482	10	.640
Paaren 40	zweiterS3 min - zweiterS4 m	.82997	3.21933	.97067	-1.33280	2.99275	.855	10	.413
Paaren 41	zweiterS3 min - zweiterS5 m	.89404	3.29702	.99409	-1.32093	3.10901	.899	10	.390
Paaren 42	zweiterS4 min - zweiterS5 m	.06406	2.36615	.71342	-1.52554	1.65366	.090	10	.930
Paaren 43	MWKontroll - dritterS10 sek	-1.57345	2.25198	.67900	-3.08636	-.06055	-2.317	10	.043
Paaren 44	MWKontroll - dritterS1 min	-.54172	2.47580	.74648	-2.20498	1.12155	-.726	10	.485
Paaren 45	MWKontroll - dritterS2 min	.44185	2.51934	.75961	-1.25067	2.13436	.582	10	.574
Paaren 46	MWKontroll - dritterS3 min	.88384	2.53196	.76342	-.81716	2.58483	1.158	10	.274
Paaren 47	MWKontroll - dritterS4 min	1.34075	2.22525	.67094	-.15419	2.83569	1.998	10	.074
Paaren 48	MWKontroll - dritterS5 min	1.41871	2.48309	.74868	-.24946	3.08687	1.895	10	.087

Paaren 49	dritterS10 sek - dritterS1 min	1.03174	2.19113	.66065	-.44029	2.50376	1.562	10	.149
Paaren 50	dritterS10 sek - dritterS2 min	2.01530	3.77856	1.13928	-.52317	4.55377	1.769	10	.107
Paaren 51	dritterS10 sek - dritterS3 min	2.45729	3.27979	.98889	.25390	4.66068	2.485	10	.032
Paaren 52	dritterS10 sek - dritterS4 min	2.91420	2.79697	.84332	1.03517	4.79323	3.456	10	.006
Paaren 53	dritterS10 sek - dritterS5 min	2.99216	2.68580	.80980	1.18782	4.79651	3.695	10	.004
Paaren 54	dritterS1 min - dritterS2 min	.98356	3.66946	1.10638	-1.48161	3.44874	.889	10	.395
Paaren 55	dritterS1 min - dritterS3 min	1.42555	3.29556	.99365	-.78843	3.63954	1.435	10	.182
Paaren 56	dritterS1 min - dritterS4 min	1.88246	3.03412	.91482	-.15588	3.92081	2.058	10	.067
Paaren 57	dritterS1 min - dritterS5 min	1.96043	2.04691	.61717	.58530	3.33556	3.177	10	.010
Paaren 58	dritterS2 min - dritterS3 min	.44199	2.91025	.87747	-1.51314	2.39712	.504	10	.625
Paaren 59	dritterS2 min - dritterS4 min	.89890	3.42621	1.03304	-1.40286	3.20066	.870	10	.405
Paaren 60	dritterS2 min - dritterS5 min	.97686	3.09486	.93314	-1.10229	3.05602	1.047	10	.320
Paaren 61	dritterS3 min - dritterS4 min	.45691	2.45539	.74033	-1.19264	2.10646	.617	10	.551
Paaren 62	dritterS3 min - dritterS5 min	.53487	3.67443	1.10788	-1.93364	3.00339	.483	10	.640
Paaren 63	dritterS4 min - dritterS5 min	.07796	3.19870	.96444	-2.07095	2.22688	.081	10	.937
Paaren 64	MWKontroll - vierterS10 sek	-1.74949	3.21168	.96836	-3.90713	.40814	-1.807	10	.101
Paaren 65	MWKontroll - vierterS1 min	.52418	1.96211	.59160	-.79398	1.84234	.886	10	.396
Paaren 66	MWKontroll - vierterS2 min	1.50871	2.02129	.60944	.15079	2.86663	2.476	10	.033
Paaren 67	MWKontroll - vierterS3 min	.69976	2.03590	.61385	-.66797	2.06750	1.140	10	.281
Paaren 68	MWKontroll - vierterS4 min	.90662	2.09594	.63195	-.50146	2.31469	1.435	10	.182
Paaren 69	MWKontroll - vierterS5 min	1.27996	2.47238	.74545	-.38100	2.94093	1.717	10	.117
Paaren 70	vierterS10 sek - vierterS1 min	2.27367	3.41821	1.03063	-.02271	4.57006	2.206	10	.052
Paaren 71	vierterS10 sek - vierterS2 min	3.25820	2.54268	.76665	1.55001	4.96639	4.250	10	.002
Paaren 72	vierterS10 sek - vierterS3 min	2.44925	3.49335	1.05328	.10239	4.79612	2.325	10	.042
Paaren 73	vierterS10 sek - vierterS4 min	2.65611	2.68260	.80884	.85391	4.45831	3.284	10	.008
Paaren 74	vierterS10 sek - vierterS5 min	3.02945	3.86087	1.16410	.43569	5.62322	2.602	10	.026
Paaren 75	vierterS1 min - vierterS2 min	.98453	3.10696	.93678	-1.10276	3.07181	1.051	10	.318
Paaren 76	vierterS1 min - vierterS3 min	.17558	3.10933	.93750	-1.91329	2.26446	.187	10	.855

Paaren 77	vierterS1 min - vierterS4 min	.38244	2.05171	.61861	-.99592	1.76079	.618	10	.550
Paaren 78	vierterS1 min - vierterS5 min	.75578	3.53125	1.06471	-1.61654	3.12811	.710	10	.494
Paaren 79	vierterS2 min - vierterS3 min	-.80895	2.70627	.81597	-2.62704	1.00915	-.991	10	.345
Paaren 80	vierterS2 min - vierterS4 min	-.60209	2.47251	.74549	-2.26315	1.05897	-.808	10	.438
Paaren 81	vierterS2 min - vierterS5 min	-.22875	2.62611	.79180	-1.99299	1.53550	-.289	10	.779
Paaren 82	vierterS3 min - vierterS4 min	.20685	2.93155	.88390	-1.76259	2.17630	.234	10	.820
Paaren 83	vierterS3 min - vierterS5 min	.58020	2.14967	.64815	-.86397	2.02437	.895	10	.392
Paaren 84	vierterS4 min - vierterS5 min	.37335	3.00748	.90679	-1.64711	2.39380	.412	10	.689

Tab. 138: *Mauchly-Test auf Sphärizität (Parameter: Anteil des m. rectus femoris an der Gesamtaktivität des m. quadriceps femoris – Vergleich von Kontroll- und Einzelsprüngen gemittelt über 4 Sätze - Pausenzeitstudie)*

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
EinzelsprMW	.036	25.941	20	.200	.600	.979	.167
Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.							

Tab. 139: *Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Parameter: Anteil des m. rectus femoris an der Gesamtaktivität des m. quadriceps femoris – Vergleich von Kontroll- und Einzelsprüngen gemittelt über 4 Sätze - Pausenzeitstudie)*

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
EinzelsprMW	Sphärizität angenommen	53.393	6	8.899	6.969	.000
	Greenhouse-Geisser	53.393	3.600	14.833	6.969	.000
	Huynh-Feldt	53.393	5.874	9.090	6.969	.000
	Untergrenze	53.393	1.000	53.393	6.969	.025
Fehler (EinzelsprMW)	Sphärizität angenommen	76.615	60	1.277		
	Greenhouse-Geisser	76.615	35.996	2.128		
	Huynh-Feldt	76.615	58.741	1.304		
	Untergrenze	76.615	10.000	7.661		

Tab. 140: T-Test bei gepaarten Stichproben (Parameter: Anteil des m. rectus femoris an der Gesamtaktivität des m. quadriceps femoris – Vergleich von Kontroll- und Einzelsprüngen gemittelt über 4 Sätze - Pausenzeitstudie)

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
			Standar dabweichung	Stand- ardfeh- ler des Mittel- wertes	95 % Konfidenzin- tervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	MWKontroll - alleS10 sek	-1.62179	1.55412	.46859	-2.66587	-.57772	-3.461	10	.006
Paaren 2	MWKontroll - alleS1 min	-.32125	1.00489	.30298	-.99634	.35384	-1.060	10	.314
Paaren 3	MWKontroll - alleS2 min	.81855	1.15280	.34758	.04409	1.59301	2.355	10	.040
Paaren 4	MWKontroll - alleS3 min	.43411	1.38935	.41890	-.49927	1.36749	1.036	10	.324
Paaren 5	MWKontroll - alleS4 min	.58726	1.44151	.43463	-.38116	1.55568	1.351	10	.206
Paaren 6	MWKontroll - alleS5 min	1.01825	1.86638	.56274	-.23561	2.27210	1.809	10	.100
Paaren 7	alleS10 sek - alleS1 min	1.30054	1.92534	.58051	.00708	2.59400	2.240	10	.049
Paaren 8	alleS10 sek - alleS2 min	2.44034	2.20925	.66611	.95615	3.92453	3.664	10	.004
Paaren 9	alleS10 sek - alleS3 min	2.05590	1.71055	.51575	.90674	3.20507	3.986	10	.003
Paaren 10	alleS10 sek - alleS4 min	2.20905	1.31988	.39796	1.32235	3.09576	5.551	10	.000
Paaren 11	alleS10 sek - alleS5 min	2.64004	2.25709	.68054	1.12371	4.15637	3.879	10	.003
Paaren 12	alleS1 min - alleS2 min	1.13980	1.40605	.42394	.19520	2.08440	2.689	10	.023
Paaren 13	alleS1 min - alleS3 min	.75536	1.37646	.41502	-.16936	1.68008	1.820	10	.099
Paaren 14	alleS1 min - alleS4 min	.90851	1.30317	.39292	.03303	1.78399	2.312	10	.043
Paaren 15	alleS1 min - alleS5 min	1.33950	1.95830	.59045	.02389	2.65510	2.269	10	.047
Paaren 16	alleS2 min - alleS3 min	-.38444	1.28348	.38698	-1.24669	.47781	-.993	10	.344
Paaren 17	alleS2 min - alleS4 min	-.23129	1.62686	.49052	-1.32423	.86165	-.472	10	.647
Paaren 18	alleS2 min - alleS5 min	.19970	1.54682	.46638	-.83947	1.23886	.428	10	.678
Paaren 19	alleS3 min - alleS4 min	.15315	1.34525	.40561	-.75060	1.05690	.378	10	.714
Paaren 20	alleS3 min - alleS5 min	.58413	1.57985	.47634	-.47722	1.64549	1.226	10	.248
Paaren 21	alleS4 min - alleS5 min	.43098	1.62404	.48967	-.66006	1.52203	.880	10	.399

Tab. 141: *Mauchly-Test auf Sphärizität (Parameter: Anteil des m. rectus femoris an der Gesamtaktivität des m. quadriceps femoris – satzweiser Vergleich von Sprüngen mit gleicher Pausenzeit - Pausenzeitstudie)*

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
SatzPZgleich10 s	.666	3.545	5	.619	.772	1.000	.333
SatzPZgleich1 min	.603	4.407	5	.495	.763	1.000	.333
SatzPZgleich2 min	.909	.829	5	.975	.947	1.000	.333
SatzPZgleich3 min	.724	2.817	5	.730	.817	1.000	.333
SatzPZgleich4 min	.720	2.863	5	.723	.823	1.000	.333
SatzPZgleich5 min	.317	10.017	5	.076	.586	.702	.333
Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.							

Tab. 142: *Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Parameter: Anteil des m. rectus femoris an der Gesamtaktivität des m. quadriceps femoris – satzweiser Vergleich von Sprüngen mit gleicher Pausenzeit - Pausenzeitstudie)*

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
SatzPZgleich10 s	Sphärizität angenommen	1.564	3	.521	.139	.936
	Greenhouse-Geisser	1.564	2.316	.676	.139	.898
	Huynh-Feldt	1.564	3.000	.521	.139	.936
	Untergrenze	1.564	1.000	1.564	.139	.717
Fehler (SatzPZgleich)	Sphärizität angenommen	112.881	30	3.763		
	Greenhouse-Geisser	112.881	23.158	4.874		
	Huynh-Feldt	112.881	30.000	3.763		
	Untergrenze	112.881	10.000	11.288		
SatzPZgleich1 min	Sphärizität angenommen	11.727	3	3.909	.687	.567
	Greenhouse-Geisser	11.727	2.290	5.122	.687	.532
	Huynh-Feldt	11.727	3.000	3.909	.687	.567
	Untergrenze	11.727	1.000	11.727	.687	.427
Fehler (SatzPZgleich)	Sphärizität angenommen	170.792	30	5.693		
	Greenhouse-Geisser	170.792	22.898	7.459		
	Huynh-Feldt	170.792	30.000	5.693		
	Untergrenze	170.792	10.000	17.079		
SatzPZgleich2 min	Sphärizität angenommen	8.857	3	2.952	.554	.649
	Greenhouse-Geisser	8.857	2.842	3.117	.554	.640
	Huynh-Feldt	8.857	3.000	2.952	.554	.649
	Untergrenze	8.857	1.000	8.857	.554	.474
Fehler (SatzPZgleich)	Sphärizität angenommen	159.840	30	5.328		
	Greenhouse-Geisser	159.840	28.415	5.625		
	Huynh-Feldt	159.840	30.000	5.328		
	Untergrenze	159.840	10.000	15.984		
SatzPZgleich3 min	Sphärizität angenommen	11.902	3	3.967	1.016	.399
	Greenhouse-Geisser	11.902	2.450	4.858	1.016	.390
	Huynh-Feldt	11.902	3.000	3.967	1.016	.399
	Untergrenze	11.902	1.000	11.902	1.016	.337
Fehler (SatzPZgleich)	Sphärizität angenommen	117.112	30	3.904		
	Greenhouse-Geisser	117.112	24.501	4.780		
	Huynh-Feldt	117.112	30.000	3.904		

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
SatzPZgleich10s	Sphärizität angenommen	1.564	3	.521	.139	.936
	Greenhouse-Geisser	1.564	2.316	.676	.139	.898
	Huynh-Feldt	1.564	3.000	.521	.139	.936
	Untergrenze	1.564	1.000	1.564	.139	.717
Fehler (SatzPZgleich)	Sphärizität angenommen	112.881	30	3.763		
	Greenhouse-Geisser	112.881	23.158	4.874		
	Huynh-Feldt	112.881	30.000	3.763		
	Untergrenze	117.112	10.000	11.711		
SatzPZgleich4min	Sphärizität angenommen	16.087	3	5.362	1.287	.297
	Greenhouse-Geisser	16.087	2.469	6.515	1.287	.298
	Huynh-Feldt	16.087	3.000	5.362	1.287	.297
	Untergrenze	16.087	1.000	16.087	1.287	.283
Fehler (SatzPZgleich)	Sphärizität angenommen	124.969	30	4.166		
	Greenhouse-Geisser	124.969	24.692	5.061		
	Huynh-Feldt	124.969	30.000	4.166		
	Untergrenze	124.969	10.000	12.497		
SatzPZgleich5min	Sphärizität angenommen	6.225	3	2.075	.431	.732
	Greenhouse-Geisser	6.225	1.759	3.539	.431	.631
	Huynh-Feldt	6.225	2.105	2.957	.431	.665
	Untergrenze	6.225	1.000	6.225	.431	.526
Fehler (SatzPZgleich)	Sphärizität angenommen	144.426	30	4.814		
	Greenhouse-Geisser	144.426	17.590	8.211		
	Huynh-Feldt	144.426	21.052	6.860		
	Untergrenze	144.426	10.000	14.443		

Tab. 143: Mauchly-Test auf Sphärizität (Parameter: Anteil des m. rectus femoris an der Gesamtaktivität des m. quadriceps femoris – satzweiser Vergleich von Sprüngen mit unterschiedlicher Pausenzeit - Pausenzeitstudie)

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
SatzPZversch	.737	2.660	5	.754	.855	1.000	.333
Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.							

Tab. 144: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung (Parameter: Anteil des m. rectus femoris an der Gesamtaktivität des m. quadriceps femoris – satzweiser Vergleich von Sprüngen mit unterschiedlicher Pausenzeit - Pausenzeitstudie)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
SatzPZversch	Sphärizität angenommen	3.583	3	1.194	1.124	.355
	Greenhouse-Geisser	3.583	2.566	1.396	1.124	.352
	Huynh-Feldt	3.583	3.000	1.194	1.124	.355
	Untergrenze	3.583	1.000	3.583	1.124	.314
Fehler (SatzPZversch)	Sphärizität angen.	31.887	30	1.063		
	Greenhouse-Geisser	31.887	25.660	1.243		

	Huynh-Feldt	31.887	30.000	1.063		
	Untergrenze	31.887	10.000	3.189		

Tab. 145: Deskriptive Statistik Pausenzeitstudie (Parameter: Zeit bis zur maximalen Aktivität des m. biceps femoris)

	N	Mini- mum	Maxi- mum	Mittel- wert	Standard- abweichung
MWKontroll	11	.21	1.00	.4829	.24206
ersterS10 sek	11	.14	1.05	.4640	.28378
ersterS1 min	11	.10	1.25	.5808	.33227
ersterS2 min	11	.17	1.06	.5913	.25022
ersterS3 min	11	.16	1.09	.5533	.28741
ersterS4 min	11	.15	1.05	.5741	.31933
ersterS5 min	11	.24	1.09	.5536	.28234
zweiterS10 sek	11	.04	.58	.3001	.18157
zweiterS1 min	11	.19	.90	.4652	.24373
zweiterS2 min	11	.18	1.04	.5667	.31588
zweiterS3 min	11	.12	.92	.5781	.23425
zweiterS4 min	11	.17	1.01	.5379	.27672
zweiterS5 min	11	.16	.92	.5709	.26355
dritterS10 sek	11	.16	.82	.3795	.23999
dritterS1 min	11	.17	.96	.5138	.27713
dritterS2 min	11	.15	1.18	.4975	.34659
dritterS3 min	11	.13	.84	.4596	.24689
dritterS4 min	11	.05	1.18	.5176	.30897
dritterS5 min	11	.21	1.21	.5404	.31370
vierterS10 sek	11	.08	.67	.3182	.21452
vierterS1 min	11	.07	1.06	.5114	.28842
vierterS2 min	11	.18	1.03	.5747	.31831
vierterS3 min	11	.03	.89	.4926	.27199
vierterS4 min	11	.12	.81	.4629	.24080
vierterS5 min	11	.20	.92	.5375	.24115
alleS10 sek	11	.11	.68	.3654	.18899
alleS1 min	11	.20	.97	.5178	.26010
alleS2 min	11	.20	1.07	.5575	.28663
alleS3 min	11	.17	.80	.5209	.22298
alleS4 min	11	.20	1.00	.5231	.26204
alleS5 min	11	.21	.90	.5506	.24520

Tab. 146: Normalverteilungstest Pausenzeitstudie (Parameter: Zeit bis zur maximalen Aktivität des m. biceps femoris)

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest								
	N	Parameter der Nor- malverteilung ^{a,b}		Extremste Differenzen			Kolmogo- rov- Smirnov-Z	Asymp- totische Signif- ikanz (2- seitig)
		Mittelwert	Standarda bwei- chung	Ab- solut	Positiv	Nega- tiv		
MWKontroll	11	.4829	.24206	.241	.241	-.128	.799	.546
ersterS10 sek	11	.4640	.28378	.173	.173	-.124	.575	.895
ersterS1 min	11	.5808	.33227	.181	.181	-.109	.599	.865
ersterS2 min	11	.5913	.25022	.208	.208	-.137	.690	.728
ersterS3 min	11	.5533	.28741	.133	.133	-.087	.440	.990
ersterS4 min	11	.5741	.31933	.189	.189	-.117	.627	.826

ersterS5 min	11	.5536	.28234	.175	.175	-.134	.580	.889
zweiterS10 sek	11	.3001	.18157	.143	.143	-.127	.475	.978
zweiterS1 min	11	.4652	.24373	.181	.181	-.139	.600	.864
zweiterS2 min	11	.5667	.31588	.212	.212	-.162	.704	.705
zweiterS3 min	11	.5781	.23425	.123	.070	-.123	.408	.996
zweiterS4 min	11	.5379	.27672	.258	.258	-.159	.857	.455
zweiterS5 min	11	.5709	.26355	.185	.185	-.159	.615	.844
dritterS10 sek	11	.3795	.23999	.266	.266	-.180	.882	.418
dritterS1 min	11	.5138	.27713	.265	.265	-.165	.880	.421
dritterS2 min	11	.4975	.34659	.231	.231	-.155	.766	.601
dritterS3 min	11	.4596	.24689	.152	.152	-.146	.505	.961
dritterS4 min	11	.5176	.30897	.198	.198	-.100	.657	.781
dritterS5 min	11	.5404	.31370	.180	.180	-.147	.598	.867
vierterS10 sek	11	.3182	.21452	.227	.227	-.135	.753	.623
vierterS1 min	11	.5114	.28842	.171	.171	-.091	.567	.904
vierterS2 min	11	.5747	.31831	.210	.210	-.164	.695	.719
vierterS3 min	11	.4926	.27199	.164	.144	-.164	.543	.930
vierterS4 min	11	.4629	.24080	.183	.183	-.152	.607	.855
vierterS5 min	11	.5375	.24115	.145	.145	-.128	.481	.975
alleS10 sek	11	.3654	.18899	.219	.219	-.116	.726	.668
alleS1 min	11	.5178	.26010	.201	.201	-.121	.668	.764
alleS2 min	11	.5575	.28663	.208	.208	-.133	.691	.726
alleS3 min	11	.5209	.22298	.153	.104	-.153	.507	.959
alleS4 min	11	.5231	.26204	.205	.205	-.138	.680	.744
alleS5 min	11	.5506	.24520	.155	.129	-.155	.513	.955
a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.								
b. Aus den Daten berechnet.								

Tab. 147: *Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung - Pausenzeitstudie (Parameter: Zeit bis zur maximalen Aktivität des m. biceps femoris – Vergleich Kontroll- und Einzelsprünge)*

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Einzelspr	Sphärizität angenommen	1.596	24	.067	2.648	.000
	Greenhouse-Geisser	1.596	4.667	.342	2.648	.038
	Huynh-Feldt	1.596	9.252	.173	2.648	.008
	Untergrenze	1.596	1.000	1.596	2.648	.135
Fehler (Einzelspr)	Sphärizität angenommen	6.029	240	.025		
	Greenhouse-Geisser	6.029	46.672	.129		
	Huynh-Feldt	6.029	92.519	.065		
	Untergrenze	6.029	10.000	.603		

Tab. 148: *T-Test bei gepaarten Stichproben - Pausenzeitstudie (Parameter: Zeit bis zur maximalen Aktivität des m. biceps femoris – Vergleich Kontroll- und Einzelsprünge)*

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
			Standar abweichung	Stand ardfeh ler des Mittel wertes	95 % Konfiden zintervall der Dif ferenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	MWKontroll - ersterS10 sek	.01892	.11721	.03534	-.05982	.09766	.535	10	.604

Paaren 2	MWKontroll - ersterS1 min	-.09795	.26113	.07874	-.27339	.07748	-1.244	10	.242
Paaren 3	MWKontroll - ersterS2 min	-.10846	.16613	.05009	-.22007	.00315	-2.165	10	.056
Paaren 4	MWKontroll - ersterS3 min	-.07041	.20276	.06113	-.20663	.06581	-1.152	10	.276
Paaren 5	MWKontroll - ersterS4 min	-.09126	.18353	.05534	-.21456	.03204	-1.649	10	.130
Paaren 6	MWKontroll - ersterS5 min	-.07077	.15130	.04562	-.17242	.03087	-1.551	10	.152
Paaren 7	ersterS10 sek - ersterS1 min	-.11687	.30879	.09310	-.32432	.09058	-1.255	10	.238
Paaren 8	ersterS10 sek - ersterS2 min	-.12738	.24098	.07266	-.28928	.03451	-1.753	10	.110
Paaren 9	ersterS10 sek - ersterS3 min	-.08933	.27011	.08144	-.27079	.09213	-1.097	10	.298
Paaren 10	ersterS10 sek - ersterS4 min	-.11018	.23976	.07229	-.27125	.05089	-1.524	10	.158
Paaren 11	ersterS10 sek - ersterS5 min	-.08969	.20328	.06129	-.22626	.04687	-1.463	10	.174
Paaren 12	ersterS1 min - ersterS2 min	-.01051	.18716	.05643	-.13625	.11523	-.186	10	.856
Paaren 13	ersterS1 min - ersterS3 min	.02755	.09494	.02863	-.03624	.09133	.962	10	.359
Paaren 14	ersterS1 min - ersterS4 min	.00669	.15303	.04614	-.09612	.10950	.145	10	.888
Paaren 15	ersterS1 min - ersterS5 min	.02718	.35000	.10553	-.20795	.26231	.258	10	.802
Paaren 16	ersterS2 min - ersterS3 min	.03805	.13656	.04117	-.05369	.12980	.924	10	.377
Paaren 17	ersterS2 min - ersterS4 min	.01720	.17411	.05249	-.09977	.13417	.328	10	.750
Paaren 18	ersterS2 min - ersterS5 min	.03769	.25475	.07681	-.13345	.20883	.491	10	.634
Paaren 19	ersterS3 min - ersterS5 min	-.00036	.28625	.08631	-.19267	.19194	-.004	10	.997
Paaren 20	ersterS4 min - ersterS5 min	.02049	.26278	.07923	-.15605	.19703	.259	10	.801
Paaren 21	ersterS3 min - ersterS4 min	-.02085	.12923	.03897	-.10767	.06597	-.535	10	.604
Paaren 22	MWKontroll - zweiterS10 sek	.18276	.23578	.07109	.02437	.34116	2.571	10	.028
Paaren 23	MWKontroll - zweiterS1 min	.01765	.09185	.02769	-.04406	.07935	.637	10	.538
Paaren 24	MWKontroll - zweiterS2 min	-.08382	.16119	.04860	-.19210	.02447	-1.725	10	.115
Paaren 25	MWKontroll - zweiterS3 min	-.09524	.17279	.05210	-.21132	.02085	-1.828	10	.097
Paaren 26	MWKontroll - zweiterS4 min	-.05502	.13242	.03993	-.14398	.03394	-1.378	10	.198
Paaren 27	MWKontroll - zweiterS5 min	-.08799	.16131	.04864	-.19636	.02038	-1.809	10	.101
Paaren 28	zweiterS10 sek - zweiterS1 m	-.16512	.28136	.08483	-.35414	.02390	-1.946	10	.080
Paaren 29	zweiterS10 sek - zweiterS2 m	-.26658	.30826	.09294	-.47367	- .05949	-2.868	10	.017

Paaren 30	zweiterS10 sek - zweiterS3 m	-.27800	.17952	.05413	-.39860	- .15740	-5.136	10	.000
Paaren 31	zweiterS10 sek - zweiterS4 m	-.23778	.24792	.07475	-.40434	- .07122	-3.181	10	.010
Paaren 32	zweiterS10 sek - zweiterS5 m	-.27075	.27643	.08335	-.45646	- .08505	-3.249	10	.009
Paaren 33	zweiterS1 min - zweiterS2 m	-.10146	.12607	.03801	-.18616	- .01677	-2.669	10	.024
Paaren 34	zweiterS1 min - zweiterS3 m	-.11288	.20272	.06112	-.24907	.02331	-1.847	10	.095
Paaren 35	zweiterS1 min - zweiterS4 m	-.07266	.14519	.04378	-.17020	.02488	-1.660	10	.128
Paaren 36	zweiterS1 min - zweiterS5 m	-.10564	.15432	.04653	-.20931	- .00196	-2.270	10	.047
Paaren 37	zweiterS2 min - zweiterS3 m	-.01142	.20349	.06135	-.14813	.12529	-.186	10	.856
Paaren 38	zweiterS2 min - zweiterS4 m	.02880	.12459	.03757	-.05490	.11250	.767	10	.461
Paaren 39	zweiterS2 min - zweiterS5 m	-.00417	.16681	.05030	-.11624	.10789	-.083	10	.936
Paaren 40	zweiterS3 min - zweiterS4 m	.04022	.12984	.03915	-.04701	.12744	1.027	10	.328
Paaren 41	zweiterS3 min - zweiterS5 m	.00725	.13522	.04077	-.08360	.09809	.178	10	.862
Paaren 42	zweiterS4 min - zweiterS5 m	-.03297	.09981	.03009	-.10002	.03408	-1.096	10	.299
Paaren 43	MWKontroll - dritterS10 sek	.10338	.27536	.08302	-.08160	.28837	1.245	10	.241
Paaren 44	MWKontroll - dritterS1 min	-.03092	.14515	.04376	-.12843	.06659	-.706	10	.496
Paaren 45	MWKontroll - dritterS2 min	-.01458	.21726	.06551	-.16054	.13138	-.223	10	.828
Paaren 46	MWKontroll - dritterS3 min	.02327	.22126	.06671	-.12537	.17191	.349	10	.734
Paaren 47	MWKontroll - dritterS4 min	-.03470	.25258	.07616	-.20438	.13498	-.456	10	.658
Paaren 48	MWKontroll - dritterS5 min	-.05755	.25106	.07570	-.22622	.11111	-.760	10	.465
Paaren 49	dritterS10 sek - dritterS1 min	-.13430	.28105	.08474	-.32311	.05451	-1.585	10	.144
Paaren 50	dritterS10 sek - dritterS2 min	-.11796	.33782	.10186	-.34492	.10899	-1.158	10	.274
Paaren 51	dritterS10 sek - dritterS3 min	-.08011	.22003	.06634	-.22793	.06771	-1.208	10	.255
Paaren 52	dritterS10 sek - dritterS4 min	-.13808	.32901	.09920	-.35911	.08295	-1.392	10	.194
Paaren 53	dritterS10 sek - dritterS5 min	-.16094	.28296	.08532	-.35103	.02916	-1.886	10	.089
Paaren 54	dritterS1 min - dritterS2 min	.01634	.12288	.03705	-.06622	.09889	.441	10	.669
Paaren 55	dritterS1 min - dritterS3 min	.05419	.28140	.08485	-.13486	.24324	.639	10	.537
Paaren 56	dritterS1 min - dritterS4 min	-.00378	.20711	.06245	-.14292	.13536	-.061	10	.953
Paaren 57	dritterS1 min - dritterS5 min	-.02664	.18552	.05594	-.15127	.09800	-.476	10	.644

Paaren 58	dritterS2 min - dritterS3 min	.03785	.35508	.10706	-.20069	.27640	.354	10	.731
Paaren 59	dritterS2 min - dritterS4 min	-.02012	.16577	.04998	-.13149	.09125	-.403	10	.696
Paaren 60	dritterS2 min - dritterS5 min	-.04297	.17857	.05384	-.16294	.07699	-.798	10	.443
Paaren 61	dritterS3 min - dritterS4 min	-.05797	.33688	.10157	-.28429	.16834	-.571	10	.581
Paaren 62	dritterS3 min - dritterS5 min	-.08083	.31122	.09384	-.28991	.12825	-.861	10	.409
Paaren 63	dritterS4 min - dritterS5 min	-.02285	.15394	.04641	-.12627	.08056	-.492	10	.633
Paaren 64	MWKontroll - vierterS10 sek	.16465	.18258	.05505	.04199	.28730	2.991	10	.014
Paaren 65	MWKontroll - vierterS1 min	-.02856	.23910	.07209	-.18920	.13207	-.396	10	.700
Paaren 66	MWKontroll - vierterS2 min	-.09180	.20034	.06041	-.22639	.04279	-1.520	10	.160
Paaren 67	MWKontroll - vierterS3 min	-.00970	.18644	.05621	-.13495	.11555	-.173	10	.866
Paaren 68	MWKontroll - vierterS4 min	.02001	.21176	.06385	-.12225	.16227	.313	10	.760
Paaren 69	MWKontroll - vierterS5 min	-.05465	.14316	.04316	-.15082	.04153	-1.266	10	.234
Paaren 70	vierterS10 sek - vierterS1 min	-.19321	.28418	.08568	-.38413	-	-2.255	10	.048
Paaren 71	vierterS10 sek - vierterS2 min	-.25645	.26825	.08088	-.43666	-	-3.171	10	.010
Paaren 72	vierterS10 sek - vierterS3 min	-.17435	.23904	.07207	-.33494	-	-2.419	10	.036
Paaren 73	vierterS10 sek - vierterS4 min	-.14464	.25866	.07799	-.31841	.02914	-1.855	10	.093
Paaren 74	vierterS10 sek - vierterS5 min	-.21929	.26804	.08082	-.39936	-	-2.713	10	.022
Paaren 75	vierterS1 min - vierterS2 min	-.06324	.21898	.06602	-.21035	.08387	-.958	10	.361
Paaren 76	vierterS1 min - vierterS3 min	.01886	.20150	.06076	-.11651	.15424	.310	10	.763
Paaren 77	vierterS1 min - vierterS4 min	.04857	.12457	.03756	-.03512	.13226	1.293	10	.225
Paaren 78	vierterS1 min - vierterS5 min	-.02608	.21378	.06446	-.16970	.11754	-.405	10	.694
Paaren 79	vierterS2 min - vierterS3 min	.08210	.18730	.05647	-.04373	.20793	1.454	10	.177
Paaren 80	vierterS2 min - vierterS4 min	.11181	.24040	.07248	-.04969	.27331	1.543	10	.154
Paaren 81	vierterS2 min - vierterS5 min	.03715	.21104	.06363	-.10462	.17893	.584	10	.572
Paaren 82	vierterS3 min - vierterS4 min	.02971	.17900	.05397	-.09054	.14996	.550	10	.594
Paaren 83	vierterS3 min - vierterS5 min	-.04495	.22484	.06779	-.19599	.10610	-.663	10	.522
Paaren 84	vierterS4 min - vierterS5 min	-.07465	.16457	.04962	-.18521	.03590	-1.505	10	.163

Tab. 149: Mauchly-Test auf Sphärizität - Pausenzeitstudie (Parameter: Zeit bis zur maximalen Aktivität des m. biceps femoris – Vergleich Kontroll- und Sprünge mit gleicher Pausenzeit gemittelt)

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
SprüngeEinzelMW	.015	32.747	20	.048	.416	.564	.167
Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.							

Tab. 150: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung - Pausenzeitstudie (Parameter: Zeit bis zur maximalen Aktivität des m. biceps femoris – Vergleich Kontroll- und Sprünge mit gleicher Pausenzeit gemittelt)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
SprüngeEinzelMW	Sphärizität angen.	.281	6	.047	4.450	.001
	Greenhouse-Geisser	.281	2.493	.113	4.450	.016
	Huynh-Feldt	.281	3.387	.083	4.450	.008
	Untergrenze	.281	1.000	.281	4.450	.061
Fehler (SprüngeEinzelMW)	Sphärizität angen.	.631	60	.011		
	Greenhouse-Geisser	.631	24.930	.025		
	Huynh-Feldt	.631	33.866	.019		
	Untergrenze	.631	10.000	.063		

Tab. 151: T-Test bei gepaarten Stichproben - Pausenzeitstudie (Parameter: Zeit bis zur maximalen Aktivität des m. biceps femoris – Vergleich Kontroll- und Sprünge mit gleicher Pausenzeit gemittelt)

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95 % Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	MWKontr. - alleS10 s	.11743	.16143	.04867	.00898	.22587	2.413	10	.037
Paaren 2	MWKontroll - alleS1 m	-.03495	.15467	.04663	-.1388	.06896	-.749	10	.471
Paaren 3	MWKontroll - alleS2 m	-.07467	.14639	.04414	-.1730	.02368	-1.692	10	.122
Paaren 4	MWKontroll - alleS3 m	-.03802	.14244	.04295	-.1337	.05767	-.885	10	.397
Paaren 5	MWKontroll - alleS4 m	-.04024	.16010	.04827	-.1478	.06731	-.834	10	.424
Paaren 6	MWKontroll - alleS5 m	-.06774	.12960	.03908	-.1548	.01933	-1.734	10	.114
Paaren 7	alleS10 sek - alleS1 m	-.15238	.20651	.06227	-.2911	-.0136	-2.447	10	.034
Paaren 8	alleS10 sek - alleS2 m	-.19209	.22807	.06877	-.3453	-.0388	-2.793	10	.019
Paaren 9	alleS10 sek - alleS3 m	-.15545	.13572	.04092	-.2466	-.0642	-3.799	10	.003
Paaren 10	alleS10 sek - alleS4 m	-.15767	.20784	.06266	-.2973	-.0180	-2.516	10	.031
Paaren 11	alleS10 sek - alleS5 m	-.18517	.20936	.06312	-.3258	-.0445	-2.933	10	.015
Paaren 12	alleS1 min - alleS2 m.	-.03972	.09559	.02882	-.1039	.02450	-1.378	10	.198
Paaren 13	alleS1 min - alleS3 m.	-.00307	.09969	.03006	-.0700	.06391	-.102	10	.921
Paaren 14	alleS1 min - alleS4 m.	-.00530	.06921	.02087	-.0517	.04120	-.254	10	.805
Paaren 15	alleS1 min - alleS5 m.	-.03279	.10250	.03090	-.1016	.03607	-1.061	10	.314
Paaren 16	alleS2 min - alleS3 m.	.03665	.12958	.03907	-.0504	.12370	.938	10	.370
Paaren 17	alleS2 min - alleS4 m.	.03442	.08033	.02422	-.0195	.08839	1.421	10	.186
Paaren 18	alleS2 min - alleS5 m.	.00693	.11423	.03444	-.0698	.08367	.201	10	.845

Paaren 19	alleS3 min - alleS4 m.	-.00223	.09291	.02801	-.0646	.06019	-.079	10	.938
Paaren 20	alleS3 min - alleS5 m.	-.02972	.12418	.03744	-.1131	.05370	-.794	10	.446
Paaren 21	alleS4 min - alleS5 m.	-.02750	.11164	.03366	-.1025	.04751	-.817	10	.433

Tab. 152: Mauchly-Test auf Sphärizität - Pausenzeitstudie (Parameter: Zeit bis zur maximalen Aktivität des m. biceps femoris – satzweiser Vergleich Sprünge mit gleicher Pausenzeit)

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
SatzPZgleich10 s	.437	7.213	5	.208	.742	.964	.333
SatzPZgleich1 min	.101	20.031	5	.001	.474	.531	.333
SatzPZgleich2 min	.655	3.697	5	.596	.810	1.000	.333
SatzPZgleich3 min	.734	2.694	5	.748	.834	1.000	.333
SatzPZgleich4 min	.724	2.814	5	.730	.838	1.000	.333
SatzPZgleich5 min	.053	25.641	5	.000	.424	.458	.333
Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.							

Tab. 153: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung - Pausenzeitstudie (Parameter: Zeit bis zur maximalen Aktivität des m. biceps femoris – satzweiser Vergleich Sprünge mit gleicher Pausenzeit)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
SatzPZgleich 10 s	Sphärizität angen.	.180	3	.060	2.430	.085
	Greenhouse-Geisser	.180	2.227	.081	2.430	.106
	Huynh-Feldt	.180	2.893	.062	2.430	.087
	Untergrenze	.180	1.000	.180	2.430	.150
Fehler (SatzPZgleich)	Sphärizität angen.	.743	30	.025		
	Greenhouse-Geisser	.743	22.265	.033		
	Huynh-Feldt	.743	28.934	.026		
	Untergrenze	.743	10.000	.074		
SatzPZgleich 1 min	Sphärizität angenom	.075	3	.025	1.263	.305
	Greenhouse-Geisser	.075	1.423	.053	1.263	.299
	Huynh-Feldt	.075	1.592	.047	1.263	.301
	Untergrenze	.075	1.000	.075	1.263	.287
Fehler (SatzPZgleich)	Sphärizität angen.	.592	30	.020		
	Greenhouse-Geisser	.592	14.232	.042		
	Huynh-Feldt	.592	15.921	.037		
	Untergrenze	.592	10.000	.059		
SatzPZgleich 2 min	Sphärizität angen.	.056	3	.019	1.022	.397
	Greenhouse-Geisser	.056	2.429	.023	1.022	.387
	Huynh-Feldt	.056	3.000	.019	1.022	.397
	Untergrenze	.056	1.000	.056	1.022	.336
Fehler (SatzPZgleich)	Sphärizität angen.	.552	30	.018		
	Greenhouse-Geisser	.552	24.294	.023		
	Huynh-Feldt	.552	30.000	.018		
	Untergrenze	.552	10.000	.055		
SatzPZgleich 3 min	Sphärizität angen.	.098	3	.033	1.329	.283
	Greenhouse-Geisser	.098	2.501	.039	1.329	.286
	Huynh-Feldt	.098	3.000	.033	1.329	.283
	Untergrenze	.098	1.000	.098	1.329	.276

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
SatzPZgleich 10 s	Sphärizität angen.	.180	3	.060	2.430	.085
	Greenhouse-Geisser	.180	2.227	.081	2.430	.106
	Huynh-Feldt	.180	2.893	.062	2.430	.087
	Untergrenze	.180	1.000	.180	2.430	.150
Fehler (SatzPZ gleich)	Sphärizität angen.	.743	30	.025		
	Greenhouse-Geisser	.743	22.265	.033		
	Huynh-Feldt	.743	28.934	.026		
	Untergrenze	.743	10.000	.074		
Fehler (SatzPZgleich)	Sphärizität angen.	.735	30	.025		
	Greenhouse-Geisser	.735	25.008	.029		
	Huynh-Feldt	.735	30.000	.025		
	Untergrenze	.735	10.000	.074		
SatzPZgleich 4 min	Sphärizität angen.	.071	3	.024	1.244	.311
	Greenhouse-Geisser	.071	2.514	.028	1.244	.311
	Huynh-Feldt	.071	3.000	.024	1.244	.311
	Untergrenze	.071	1.000	.071	1.244	.291
Fehler (SatzPZgleich)	Sphärizität angen.	.573	30	.019		
	Greenhouse-Geisser	.573	25.135	.023		
	Huynh-Feldt	.573	30.000	.019		
	Untergrenze	.573	10.000	.057		
SatzPZgleich 5 min	Sphärizität angen.	.008	3	.003	.117	.949
	Greenhouse-Geisser	.008	1.271	.006	.117	.797
	Huynh-Feldt	.008	1.373	.006	.117	.814
	Untergrenze	.008	1.000	.008	.117	.739
Fehler (SatzPZgleich)	Sphärizität angen.	.653	30	.022		
	Greenhouse-Geisser	.653	12.710	.051		
	Huynh-Feldt	.653	13.726	.048		
	Untergrenze	.653	10.000	.065		

Tab. 154: Mauchly-Test auf Sphärizität - Pausenzeitstudie (Parameter: Zeit bis zur maximalen Aktivität des m. biceps femoris – Satzvergleich gemittelt über unterschiedliche Pausenzeiten)

Mauchly-Test auf Sphärizität ^b							
Innersubjekteffekt	Mauchly-W	Approximiertes Chi-Quadrat	df	Sig.	Epsilon ^a		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Untergrenze
SatzPZversch	.618	4.192	5	.524	.800	1.000	.333
Prüft die Nullhypothese, daß sich die Fehlerkovarianz-Matrix der orthonormalisierten transformierten abhängigen Variablen proportional zur Einheitsmatrix verhält.							

Tab. 155: Einfaktorielle Anova mit Messwiederholung - Pausenzeitstudie (Parameter: Zeit bis zur maximalen Aktivität des m. biceps femoris – Satzvergleich gemittelt über unterschiedliche Pausenzeiten)

Tests der Innersubjekteffekte						
Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
SatzPZversch	Sphärizität angen.	.035	3	.012	3.171	.038
	Greenhouse-Geisser	.035	2.399	.015	3.171	.052
	Huynh-Feldt	.035	3.000	.012	3.171	.038
	Untergrenze	.035	1.000	.035	3.171	.105
Fehler (SatzPZversch)	Sphärizität angen.	.111	30	.004		
	Greenhouse-Geisser	.111	23.987	.005		

	Huynh-Feldt	.111	30.000	.004		
	Untergrenze	.111	10.000	.011		

Tab. 156: T-Test bei gepaarten Stichproben - Pausenzeitstudie (Parameter: Zeit bis zur maximalen Aktivität des m. biceps femoris – Satzvergleich gemittelt über unterschiedliche Pausenzeiten)

Test bei gepaarten Stichproben									
		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95 % Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paaren 1	Satz1MW - Satz2MW	.04972	.07582	.02286	-.00122	.10065	2.175	10	.055
Paaren 2	Satz1MW - Satz3MW	.06814	.07579	.02285	.01722	.11906	2.982	10	.014
Paaren 3	Satz1MW - Satz4MW	.06998	.06361	.01918	.02725	.11272	3.649	10	.004
Paaren 4	Satz2MW - Satz3MW	.01843	.10503	.03167	-.05213	.08899	.582	10	.574
Paaren 5	Satz2MW - Satz4MW	.02027	.10176	.03068	-.04810	.08863	.661	10	.524
Paaren 6	Satz3MW - Satz4MW	.00184	.08574	.02585	-.05576	.05944	.071	10	.945

7.5. Statistik Studie 2

Tab. 157: Deskriptive Statistik der Trainingsgruppen „EMS+Plyo“ und „Kraft+Plyo“ beim Pre- bzw. Posttest (Parameter: Alter, Größe, Gewicht, BMI)

Trainingsmethode		N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
EMS+Plyo	Alter	8	19	28	23.75	2.550
EMS+Plyo	Größe	8	1.76	2.03	1.8863	.10446
EMS+Plyo	Gewicht Pre	8	69.0	91.4	79.588	8.9675
EMS+Plyo	Gewicht Post	8	70.2	93.9	80.362	9.3677
EMS+Plyo	BMI Pre	8	20.38	23.86	22.3300	1.10209
EMS+Plyo	BMI Post	8	20.73	23.95	22.5413	1.16332
Kraft+Plyo	Alter	8	20	41	26.00	6.969
Kraft+Plyo	Größe	8	1.84	1.98	1.8888	.05915
Kraft+Plyo	Gewicht Pre	8	73.5	93.3	81.863	7.6852
Kraft+Plyo	Gewicht Post	8	70.3	97.3	81.675	9.2173
Kraft+Plyo	BMI Pre	8	21.71	23.80	22.8945	.86751
Kraft+Plyo	BMI Post	8	20.76	24.82	22.8225	1.29388

Tab. 158: Vergleich zwischen den Trainingsgruppen „EMS+Plyo“ und „Kraft+Plyo“ beim Pre- bzw. Posttest (Parameter: Alter, Größe, Gewicht, BMI)

Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
Die Verteilung von Alter ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.791	Nullhypothese beibehalten
Die Verteilung von Größe ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.792	Nullhypothese beibehalten
Die Verteilung von Gewicht Pre ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.400	Nullhypothese beibehalten
Die Verteilung von Gewicht Post ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.674	Nullhypothese beibehalten
Die Verteilung von BMI Pre ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.345	Nullhypothese beibehalten
Die Verteilung von BMI Post ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.674	Nullhypothese beibehalten
Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist 0.05.			

Tab. 159: Deskriptive Statistik verschiedener Parameter des SJ und CMJ der Trainingsgruppe „EMS+Plyo“

Testparameter	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentile (25., 50., 75.)		
SJ Sprunghöhe Pre	5	42.840	9.0021	31.1	52.7	33.8	44.2	51.2
SJ Sprunghöhe Post	5	42.820	7.2868	33.7	50.1	35.4	44.1	49.7
SJ Differenz Sprunghöhe Pre-Post	5	-0.02	2.2039	-3.5	2.6	-1.8	0.4	1.6
CMJ Sprunghöhe Pre	8	45.888	8.3266	34.8	57.9	39.3	44.1	54.8
CMJ Sprunghöhe Post	8	47.300	7.3095	38.8	57.4	40.1	46.3	55.2
CMJ Differenz Sprunghöhe Pre-Post	8	1.412	1.6488	-1.7	4.0	0.8	1.4	2.5
CMJ Sprunghöhe max. Pre	8	45.200	8.2346	35.6	58.2	40.0	45.2	55.7
CMJ Sprunghöhe max. Post	8	48.188	7.7272	39.4	58.8	40.7	46.9	57.0
CMJ Differenz Höhe max. Pre-Post	8	1.550	1.0623	0.5	3.8	0.7	1.3	2.1

Tab. 160: Deskriptive Statistik verschiedener Parameter des SJ und CMJ der Trainingsgruppe „Kraft+Plyo“

Testparameter	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentile (25., 50., 75.)		
SJ Sprunghöhe Pre	7	40.000	7.2998	32.9	50.5	33.8	43.8	49.2
SJ Sprunghöhe Post	7	42.629	6.3791	36.4	52.3	38.9	44.8	51.9

SJ Differenz Sprunghöhe Pre-Post	7	2.629	1.6337	1.0	6.0	1.5	2.6	2.8
CMJ Sprunghöhe Pre	8	44.088	8.7613	33.6	54.4	34.4	45.6	52.7
CMJ Sprunghöhe Post	8	46.700	7.3364	38.6	56.0	39.8	45.3	54.1
CMJ Differenz Sprunghöhe Pre-Post	8	2.613	3.3039	-1.2	8.3	-0.4	2.3	5.3
CMJ Sprunghöhe max. Pre	8	46.350	8.9890	33.9	54.8	35.2	46.4	53.8
CMJ Sprunghöhe max. Post	8	47.412	7.8218	38.8	57.1	40.2	45.6	55.8
CMJ Differenz Höhe max. Pre-Post	8	2.600	3.5533	-2.5	7.7	-0.8	2.4	5.8

Tab. 161: Vergleich der beiden Trainingsgruppen „EMS+Plyo“ und „Kraft+Plyo“ beim Pretest SJ

Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
Die Verteilung von SJ Sprunghöhe Pre ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.808	Nullhypothese beibehalten
Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist 0.05.			

Tab. 162: Vergleich der beiden Trainingsgruppen „EMS+Plyo“ und „Kraft+Plyo“ beim Posttest SJ

Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
Die Verteilung von SJ Differenz Pre-Post ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.023	Nullhypothese ablehnen
Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist 0.05.			

Tab. 163: Wilcoxon-Test der Trainingsgruppe „EMS+Plyo“ SJ

Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
Der Medianwert der Unterschiede zwischen SJ Sprunghöhe Pre und SJ Sprunghöhe Post ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	0.686	Nullhypothese beibehalten
Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist 0.05.			

Tab. 164: Wilcoxon-Test der Trainingsgruppe „Kraft+Plyo“ SJ

Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
Der Medianwert der Unterschiede zwischen SJ Sprunghöhe Pre und SJ Sprunghöhe Post ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	0.018	Nullhypothese ablehnen
Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist 0.05.			

Tab. 165: Vergleich der beiden Trainingsgruppen „EMS+Plyo“ und „Kraft+Plyo“ beim Pretest CMJ

Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
Die Verteilung von CMJ Sprunghöhe Pre ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.529	Nullhypothese beibehalten
Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist 0.05.			

Tab. 166: Vergleich der beiden Trainingsgruppen „EMS+Plyo“ und „Kraft+Plyo“ beim Posttest CMJ

Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
Die Verteilung von CMJ Differenz Pre-Post ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.462	Nullhypothese beibehalten
Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist 0.05.			

Tab. 167: Wilcoxon-Test der Trainingsgruppe „EMS+Plyo“ CMJ

Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
Der Medianwert der Unterschiede zwischen CMJ Sprunghöhe max. Pre und CMJ Sprunghöhe max. Post ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	0.012	Nullhypothese ablehnen
Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist 0.05.			

Tab. 168: Wilcoxon-Test der Trainingsgruppe „Kraft+Plyo“ CMJ

Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
Der Medianwert der Unterschiede zwischen CMJ Sprunghöhe max. Pre und CMJ Sprunghöhe max. Post ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	0.107	Nullhypothese beibehalten
Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist 0.05.			

Tab. 169: Vergleich der Trainingsgruppen „EMS+Plyo“ und „Kraft+Plyo“ beim Pre- und Posttest DJ

Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
Die Verteilung von DJ Sprunghöhe Pre ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.600	Nullhypothese beibehalten
Die Verteilung von DJ Sprunghöhe Post ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.916	Nullhypothese beibehalten
Die Verteilung von DJ Fmax Pre ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.248	Nullhypothese beibehalten
Die Verteilung von DJ Fmax Post ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.401	Nullhypothese beibehalten

Die Verteilung von DJ Bodenkontaktzeit Pre ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.563	Nullhypothese beibehalten
Die Verteilung von DJ Bodenkontaktzeit Post ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.753	Nullhypothese beibehalten
Die Verteilung von DJ Flugzeit Pre ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.599	Nullhypothese beibehalten
Die Verteilung von DJ Flugzeit Post ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.916	Nullhypothese beibehalten
Die Verteilung von DJ Index EKA Pre ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.529	Nullhypothese beibehalten
Die Verteilung von DJ Index EKA Post ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	1.000	Nullhypothese beibehalten
Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist 0.05.			

Tab. 170: Wilcoxon-Test der Trainingsgruppe „EMS+Plyo“ DJ

Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
Der Medianwert der Unterschiede zwischen Index EKA Pre und Index EKA Post ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	0.050	Nullhypothese ablehnen
Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist 0.05.			

Tab. 171: Wilcoxon-Test der Trainingsgruppe „Kraft+Plyo“ DJ

Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
Der Medianwert der Unterschiede zwischen Index EKA Pre und Index EKA Post ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	0.674	Nullhypothese beibehalten
Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist 0.05.			

Tab. 172: Deskriptive Statistik des Parameters Reichhöhe der Trainingsgruppe „EMS+Plyo“

Testparameter	N	Mittelwert	Standard-abweichung	Mini-mum	Maxi-mum	Perzentile (25., 50., 75.)		
Reichhöhe Pre	8	307.9	20.7	285.7	334.7	288	307	327
Reichhöhe Post	8	311.8	23.1	287.7	341.0	290	312	331

Tab. 173: Deskriptive Statistik des Parameters Reichhöhe der Trainingsgruppe „Kraft+Plyo“

Testparameter	N	Mittelwert	Standard-abweichung	Mini-mum	Maxi-mum	Perzentile (25., 50., 75.)		
Reichhöhe Pre	8	303.7	20.2	283.7	332.3	289	292	326

Reichhöhe Post	8	305.8	21.9	285.3	338.3	289	294	329
----------------	---	-------	------	-------	-------	-----	-----	-----

Tab. 174: Vergleich der beiden Trainingsgruppen „EMS+Plyo“ und „Kraft+Plyo“ beim Pre- und Post-test - Reichhöhe mit 3-Schritt-Anlauf

Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
Die Verteilung von Reichhöhe Pre ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.713	Nullhypothese beibehalten
Die Verteilung von Reichhöhe Post ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.462	Nullhypothese beibehalten

Tab. 175: Wilcoxon-Test der Trainingsgruppe „EMS+Plyo“ – Reichhöhe mit 3-Schritt-Anlauf

Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
Der Medianwert der Unterschiede zwischen Reichhöhe Pre und Reichhöhe Post ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	0.017	Nullhypothese ablehnen
Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist 0.05.			

Tab. 176: Wilcoxon-Test der Trainingsgruppe „Kraft+Plyo“ – Reichhöhe mit 3-Schritt-Anlauf

Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
Der Medianwert der Unterschiede zwischen Reichhöhe Pre und Reichhöhe Post ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	0.035	Nullhypothese ablehnen
Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist 0.05.			

Tab. 177: Vergleich der beiden Trainingsgruppen „EMS+Plyo“ und „Kraft+Plyo“ beim Pre- und Post-test - ausgewählte statische Kraft- bzw. Schnellkraftparameter

Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
Die Verteilung von Fmax 110° Pre ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.563	Nullhypothese beibehalten
Die Verteilung von Fmax 110° Post ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.916	Nullhypothese beibehalten
Die Verteilung von Fexpl rel 110° Pre ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.325	Nullhypothese beibehalten
Die Verteilung von Fexpl rel 110° Post ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.685	Nullhypothese beibehalten
Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist 0.05.			

Tab. 178: *Wilcoxon-Test der Trainingsgruppe „EMS+Plyo“ – ausgewählte statische Kraft- bzw. Schnellkraftparameter*

Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
Der Medianwert der Unterschiede zwischen Fmax 110° Pre und Fmax 110° Post ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	0.612	Nullhypothese beibehalten
Der Medianwert der Unterschiede zwischen Fexpl rel 110° Pre und Fexpl rel 110° Post ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	0.735	Nullhypothese beibehalten
Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist 0.05.			

Tab. 179: *Wilcoxon-Test der Trainingsgruppe „Kraft+Plyo“ – ausgewählte statische Kraft- bzw. Schnellkraftparameter*

Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
Der Medianwert der Unterschiede zwischen Fmax 110° Pre und Fmax 110° Post ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	0.327	Nullhypothese beibehalten
Der Medianwert der Unterschiede zwischen Fexpl rel 110° Pre und Fexpl rel 110° Post ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	0.889	Nullhypothese beibehalten
Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist 0.05.			

Tab. 180: *Vergleich der Trainingsgruppen „EMS+Plyo“ und „Kraft+Plyo“ beim Pretest - Sprintparameter*

Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
Die Verteilung von Japan 5 m best Pre ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.293	Nullhypothese beibehalten
Die Verteilung von Japan 10 m best Pre ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.529	Nullhypothese beibehalten
Die Verteilung von Japan 15 m best Pre ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.834	Nullhypothese beibehalten
Die Verteilung von Sprint 5 m best Pre ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.753	Nullhypothese beibehalten
Die Verteilung von Sprint 10 m best Pre ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.345	Nullhypothese beibehalten
Die Verteilung von Sprint 15 m best Pre ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.529	Nullhypothese beibehalten
Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist 0.05.			

Tab. 181: Vergleich der Trainingsgruppen „EMS+Plyo“ und „Kraft+Plyo“ beim Posttest - Sprintparameter

Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
Die Verteilung von Japan 5 m best Post ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.380	Nullhypothese beibehalten
Die Verteilung von Japan 10 m best Post ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.183	Nullhypothese beibehalten
Die Verteilung von Japan 15 m best Post ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.345	Nullhypothese beibehalten
Die Verteilung von Sprint 5 m best Post ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.115	Nullhypothese beibehalten
Die Verteilung von Sprint 10 m best Post ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.248	Nullhypothese beibehalten
Die Verteilung von Sprint 15 m best Post ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.345	Nullhypothese beibehalten
Die Verteilung von Sprint Differenz Pre – Post 10 m best ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.006	Nullhypothese ablehnen
Die Verteilung von Sprint Differenz Pre – Post 5 m best ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.115	Nullhypothese beibehalten
Die Verteilung von Sprint Differenz Pre – Post 15 m best ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.156	Nullhypothese beibehalten
Die Verteilung von Japan Differenz Pre – Post 5 m best ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.242	Nullhypothese beibehalten
Die Verteilung von Japan Differenz Pre – Post 10 m best ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.203	Nullhypothese beibehalten
Die Verteilung von Japan Differenz Pre – Post 15 m best ist über Kategorien von Trainingsmethode gleich.	Mann-Whitney-U-Test unabhängiger Stichproben	0.074	Nullhypothese beibehalten
Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist 0.05.			

Tab. 182: Wilcoxon-Test der Trainingsgruppe „EMS+Plyo“ – ausgewählte Sprintparameter

Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
Der Medianwert der Unterschiede zwischen Sprint 5 m best Pre und Sprint 5 m best Post ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	0.017	Nullhypothese ablehnen
Der Medianwert der Unterschiede zwischen	Wilcoxon-Vorzeichen-	0.017	Nullhypothese

Sprint 10 m best Pre und Sprint 10 m best Post ist gleich 0.	Rang-Test verbundener Stichproben		ablehnen
Der Medianwert der Unterschiede zwischen Japan 15 m best Pre und Japan 15 m best Post ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	0.017	Nullhypothese ablehnen
Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist 0.05.			

Tab. 183: *Wilcoxon-Test der Trainingsgruppe „Kraft+Plyo“ – ausgewählte Sprintparameter*

Nullhypothese	Test	Sig.	Entscheidung
Der Medianwert der Unterschiede zwischen Sprint 5 m best Pre und Sprint 5 m best Post ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	0.263	Nullhypothese beibehalten
Der Medianwert der Unterschiede zwischen Sprint 10 m best Pre und Sprint 10 m best Post ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	0.889	Nullhypothese beibehalten
Der Medianwert der Unterschiede zwischen Japan 15 m best Pre und Japan 15 m best Post ist gleich 0.	Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben	0.674	Nullhypothese beibehalten
Asymptotische Signifikanzen werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist 0.05.			

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich recht herzlich bei allen Personen bedanken, die mir ihre Hilfe und Unterstützung während der Phase der Erstellung der Dissertation zukommen lassen haben.

Dazu zählt vor allem Prof. Dr. Thorhauer, dem ich für die Betreuung und Begutachtung der Dissertation danke.

Weiterhin bedanke ich mich bei Prof. Dr. Teipel für die Bereitschaft die Zweitgutachterschaft zu übernehmen.

Außerdem bin ich Herrn Dr. Stutzig für seine Hilfe hinsichtlich fachlicher Hinweise und der organisatorischen Unterstützung dankbar.

Prof. Wohlgefahr danke ich für prägende fachliche Diskussionen.

Weiterhin möchte ich den Trainern (Jörg Schulz, Heiko Herzberg) und Sportlern der Bundesligamannschaften des VC Gotha und SWE Volley-Team Erfurt für ihre Teilnahme danken sowie den Sportstudenten, die sich als Probanden zur Verfügung gestellt haben.

Den Sportstudenten Steffen Jabin und Florian Fürstenberg danke ich für ihre Hilfe bei der Durchführung der ersten Studie.

Prof. Granacher und Dr. Mühlbauer danke ich für fachliche Anregungen.

Frau Dr. Altmann danke ich für die Abstimmungsmöglichkeit, um Arbeitstätigkeit und Dissertationsanfertigung in Einklang zu bekommen.

Besonderer Dank gilt meiner Familie und Freunden, die mir gerade in schwierigen Phasen beistanden und halfen.

Lebenslauf

Vorname Name, Geburtsname:	Mathias Völzke
Geburtsdatum:	02.06.1976
Geburtsort:	Bleicherode
Familienstand:	ledig
Zeitraum Schulbesuch (polytechnische Oberschule „Clara Zetkin“ in Sollstedt):	1983- 1991
Zeitraum Schulbesuch (Gymnasium „Friedrich-Schiller“ in Bleicherode):	1991-1995
Jahr – Abitur:	1995
Zeitraum Zivildienst:	1995-1996
Zeitraum Studium:	1996-2005
Datum Hochschulabschluß (Diplom Sportwissenschaft):	25.02.2005
Zeitraum Selbständigkeit (Dozent, Referent, Trainer im Sport):	2005-2008
Zeitraum Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich Trainings- Wissenschaft (FSU Jena) :	2008-2012
Zeitraum Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich Hochschulsport (FSU Jena):	ab 2012

Ort, Datum

Mathias Völzke

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich bestätige hiermit, dass mir die geltende Promotionsordnung bekannt ist. Ich habe die Dissertation selbstständig angefertigt, keinen Promotionsberater in Anspruch genommen, und alle benutzten Hilfsmittel und Quellen in der Arbeit angegeben. Personen, die mich unterstützten wurden in der Danksagung benannt. Dritte haben weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen. Ich habe die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht. Die gleiche Arbeit oder Teile bzw. ähnliche Abhandlungen wurden ebenso wenig bei einer anderen Hochschule bzw. Fakultät eingereicht. Ich versichere, dass ich nach bestem Wissen die reine Wahrheit gesagt und nichts verschwiegen habe.

Ort, Datum

Mathias Völzke